

(Wie) Wollen wir automatisiert fahren?

8. Darmstädter Kolloquium

7./8. März 2017

Technische Universität Darmstadt

Herausgeber: H. Winner und R. Bruder

Winner, Hermann; Bruder, Ralph (eds.)
„(Wie) wollen wir automatisiert fahren? 8. Darmstädter Kolloquium“
Darmstadt, 2017

www.menschundfahrzeug.de

Digital version:

URI: <http://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/5672/>

URN: [urn:nbn:de:tuda-tuprints-56721](http://nbn:de:tuda-tuprints-56721)

VORWORT

Bereits in den 80er Jahren startete mit dem europäischen Forschungsprogramm PROMETHEUS der Weg zur Automatisierung der Fahrzeugführung mit ersten Assistenzsystemen. Seitdem wird immer weiter an der Realisierung gearbeitet. Zu den noch vorhandenen Herausforderungen zählen beispielsweise die verbesserte Umfeldwahrnehmung sowie Absicherungsmethoden der entwickelten Verhaltensalgorithmen, aber auch die Anpassung der Gestaltung an den Nutzer hinsichtlich Systemfunktionalität, Bedienschnittstellen und dessen Funktionserwartungen. Zudem bedarf es weiterhin rechtlicher Anpassungen, um die automatisierte Fahrzeugführung im Straßenverkehr zu ermöglichen.

Automatisiertes Fahren soll neue Mobilitätskonzepte, eine erhöhte Verkehrssicherheit sowie die Ausführung fahrfremder Tätigkeiten während der Fahrt ermöglichen. Doch wie ist die zukünftige automatisierte Fahrzeugführung zu gestalten? Welche technischen Herausforderungen sind zu lösen und welche Erwartungen haben die Nutzer an eine Automation? Wollen alle Nutzer überhaupt automatisiert fahren? Wie steht es mit den Aspekten der Akzeptanz, des Vertrauens und des Fahrspaßes?

In der achten Veranstaltung des Darmstädter Kolloquiums „mensch + fahrzeug“ werden sich Experten aus Industrie und Wissenschaft genau mit diesen Fragen rund um das automatisierte Fahren beschäftigen. Die Thematik wird hierbei aus unterschiedlichen Perspektiven behandelt.

Die Beiträge bieten die Grundlage für ausgiebige Diskussionen im Plenum, in den Pausen oder bei der Abendveranstaltung. Wir laden Sie herzlich ein, an allen Programmpunkten des Expertenaustauschs teilzunehmen.

Der Beitrag von Prof. Dr.-Ing. Ralph Bruder (Co-Autoren: Andreas Müller, Jonas Walter, Christopher Stockinger, Thomas Heuser, Dr.-Ing. Bettina Abendroth) widmet sich aus Nutzersicht dem automatisierten Fahrzeug und stellt Einflussfaktoren auf die Akzeptanz des automatisierten Fahrens vor. Im Fokus stehen hierbei Auswirkungen auf die nutzerrelevanten Themen Fahrspaß, Rollenverständnis und Systemvertrauen. Darüber hinaus werden neuartige Nutzeranforderungen an den Datenschutz eines automatisierten Systems diskutiert.

Dr. Christin Kreutzburg-Sütterlin und Dr. Holger Enigk werden in ihrem Vortrag Anforderungen und Erwartungen an das Fahrzeug der Zukunft und die Fahrzeuggestaltung aus Kundensicht erläutern. Diese werden mit der Bewertung von autonomen Fahrzeugkonzepten aus verschiedenen Kundenstudien verglichen, um festzustellen, inwiefern sich die Erwartungen mit der Bewertung deckt. Die Diskussion von Herausforderungen bis hin zum automatisierten Fahren schließt den Vortrag ab.

Auch im Vortrag von Prof. Dr. Barbara Lenz werden Nutzererwartungen an das automatisierte Fahren thematisiert und diskutiert. Dabei werden Aspekte des Individualnutzens sowie des Nutzens für die Gesellschaft dem notwendigen Vertrauen der Nutzer in die neue Technologie gegenübergestellt. Des Weiteren wird diskutiert, in welchem Nutzungskontext automatisiertes Fahren besonders reizvoll empfunden wird und welche Relevanz eine zielgerichtete und gemeinsam mit den Nutzern erörterte Gestaltung eines ganzheitlichen Mobilitätskonzepts besitzt.

Dr.-Ing. Dipl.-Psych. Katharina Seifert stellt in ihrem Beitrag die Herausforderungen in den Bereichen der Fahrerassistenzsysteme und der Fahrzeugkonzepte vor dem Hintergrund des automatisierten Fahrens dar. Thematisiert werden die Entwicklung von speziellen Fahrerassistenzfunktionen für das urbane Umfeld und die nutzerbezogene Gestaltung des Fahrzeugs, die das automatisierte Fahren zu einem angenehmen Erlebnis machen sollen.

Prof. Dr. Hermann Winner (Co-Autorin: Nora Leona Merkel) diskutiert die Herausforderungen einer für den Nutzer transparenten Mode-Awareness beim Vorliegen multipler Automatisierungsgrade in einem Fahrzeug. Dies ist beispielsweise der Fall, wenn ein hochautomatisiertes Fahren lediglich auf bestimmte Streckenabschnitte beschränkt ist und ansonsten eine teilautomatisierte Funktion zur Verfügung steht. Neben dieser Thematik beschäftigt sich der Vortragende mit der Kompatibilitätsproblematik von striktem regelgetreuem Verhalten von automatisierten Fahrzeugen im Mischverkehr.

Bisher lassen sich temporär aktive diskontinuierlich agierende Fahrzeugfunktionen wie ein Notbremsassistent nicht in der bisherigen bekannten Level-Einteilung automatisierter Fahrfunktionen einteilen, obwohl sie eine hohe Bedeutung für die Verkehrssicherheit besitzen. Um dieser Problematik zu begegnen, stellt Prof. Andre Seeck (Co-Autoren: Tom Michael Gasser, Rico Auerswald) einen übergreifenden Definitionsansatz für die Fahrzeugautomatisierung vor, der die Kategorisierung von sowohl informierenden, warnenden und temporär agierenden Fahrfunktionen zulässt.

Ralph Lauxmann wird mit seinem Beitrag (Co-Autoren: Alfred Eckert, Bernd Hartmann) die Rolle der Straße als Informationsquelle für automatisierte Fahrfunktionen beleuchten. Dabei werden relevante Ego-Fahrzeug-Informationen der Straße, des Straßenzustands und der Umgebung extrahiert und mit Informationen eines intelligenten Backends kombiniert bzw. ausgetauscht, wodurch ein ganzheitliches Straßenmodell gebildet wird. Die Sensierung und Verarbeitung des Fahrbahnzustands für dieses ganzheitliche Modell wird dieses Konzept als Beispiel verdeutlichen.

In dem Beitrag von Dr. rer. nat. Dietrich Manstetten werden die technischen Entwicklungsaufgaben der Fahrer-Fahrzeug Interaktion im automatisierten Fahrzeug thematisiert. Einen besonderen Schwerpunkt nehmen dabei die Themen zur Fahrerzustandserkennung und zur Fahrerbeobachtung ein. Die Präsentation von empirischen Ergebnissen bei teilautomatisiertem Fahren schließen den Vortrag ab.

In dem Beitrag von Prof. Dr.-Ing. Frank Flemisch (Co-Autoren: Prof. Dr. Hermann Winner, Prof. Dr. Klaus Bengler, Prof. Dr.-Ing. Ralph Bruder) werden Herausforderungen bei der Einführung des hochautomatisierten Fahrens thematisiert. Im Fokus steht hierbei die kritische Auseinandersetzung mit den Zieleigenschaften, Kooperationsfähigkeit und Migrationsfähigkeit, für zukünftige Verkehrssysteme. Abschließend werden anschauliche Beispiele der kooperativen Bewegung sowie aus den laufenden Forschungsprojekten vorgestellt.

Für das Engagement der einzelnen Referenten und Autoren möchten wir uns an dieser Stelle recht herzlich bedanken. Ohne die zu den wissenschaftlichen Beiträgen des Tagungsbandes gehörenden lebhaften Vorträge wäre eine solche Veranstaltung nicht möglich.

Letztlich könnte das Darmstädter Kolloquium ohne die Unterstützung der wissenschaftlichen Mitarbeiter der beiden Fachgebiete Arbeitswissenschaft und Fahrzeugtechnik nicht stattfinden. Daher gilt ein besonderer Dank dem Organisationsteam bestehend aus Herrn Andreas Müller, M.Sc. und Herrn Jonas Walter, M.Sc. auf Seiten der Arbeitswissenschaft sowie Herrn Christian Vey, M.Sc. und Frau Maren Henzel, M.Sc. auf Seiten der Fahrzeugtechnik.

Darmstadt, im März 2017

Prof. Dr.-Ing. R. Bruder

Prof. Dr. rer. nat. H. Winner

INHALTSVERZEICHNIS

EINFLUSSFAKTOREN AUF DIE AKZEPTANZ DES AUTOMATISIERTEN FAHRENS AUS DER SICHT VON FAHRERINNEN UND FAHRERN.....1

Andreas Müller, Christopher Stockinger, Jonas Walter, Thomas Heuser, Bettina Abendroth, Ralph Bruder

AUTOMATISIERUNG UND ANFORDERUNGEN AN DIE FAHRZEUGGESTALTUNG AUS KUNDENSICHT.....23

Holger Enigk, Christin Kreutzburg-Sütterlin

AUTONOMES FAHREN ZWISCHEN NUTZENVERSPRECHEN UND NUTZERERWARTUNGEN.....41

Babara Lenz

AUTOMATISIERTES FAHREN IN EINER URBANEN WELT.....51

Katharina Seifert

MODE CONFUSION UND INKOMPATIBILITÄTEN IN DER MIGRATIONSPHASE DES AUTOMATISIERTEN FAHRENS.....53

Hermann Winner, Nora Leona Merkel

ÜBERGREIFENDER DEFINITIONSANSATZ FÜR DIE FAHRZEUGAUTOMATISIERUNG.....65

Andre Seeck, Tom Michael Gasser, Rico Auerswald

THE ROAD AS AN INFORMATION PROVIDER FOR ENHANCED ADAS AND AUTOMATION.....77

Ralph Lauxmann, Alfred Eckert, Bernd Hartmann

TECHNISCHE HERAUSFORDERUNGEN AUS DER FAHRER-FAHRZEUG INTERAKTION BEI ZUNEHMENDER AUTOMATISIERUNG – ANFORDERUNGEN UND STATUS.....91

Dietrich Manstetten

HINTER DEM AUTONOMIE-HYPE UND TESLA-CRASH: VOM AUTONOMEN FAHREN ZUR MIGRATIONSFÄHIGEN, KOOPERATIVEN ASSISTENZ UND AUTOMATION103

Frank Flemisch, Hermann Winner, Klaus Bengler, Ralph Bruder

EINFLUSSFAKTOREN AUF DIE AKZEPTANZ DES AUTOMATISIERTEN FAHRENS AUS DER SICHT VON FAHRERINNEN UND FAHRERN

Andreas Müller, Christopher Stockinger, Jonas Walter, Thomas Heuser, Bettina Abendroth, Ralph Bruder

ZUSAMMENFASSUNG

Die aktuell im Fokus der Forschungs- und Entwicklungsarbeiten stehende hochautomatisierte Fahrzeugführung bringt für Fahrer und Fahrerinnen¹ eine starke Veränderung ihrer Aufgaben. Denn die Beobachtung der Umgebung wird anstatt wie bisher vom Fahrer durch das Fahrzeug übernommen und der Fahrer fungiert nur noch als Rückfallebene. Bevor hochautomatisierte Systeme zuverlässig und sicher realisiert werden können, bleiben aus arbeitswissenschaftlicher Sicht jedoch noch immer eine Vielzahl von Fragen im Hinblick auf die Bedingungen und Auswirkungen der veränderten Mensch-Maschine-Kooperation zu beantworten. Neben der Übergabeproblematik zwischen Fahrer und Fahrzeug sind auch die Themen Akzeptanz und Nutzen der automatisierten Fahrfunktionen aus Sicht des Fahrers sowie die Auswirkungen auf den erlebten Fahrspaß noch immer Gegenstand wissenschaftlicher Diskussionen.

Daher wird in diesem Beitrag die Thematik des automatisierten Fahrens unter Rückgriff auf aktuelle wissenschaftliche Erkenntnisse aus mehreren Perspektiven beleuchtet. Dabei werden Auswirkungen auf den Fahrspaß, das Rollenverständnis, das Vertrauen und die Nutzerakzeptanz diskutiert sowie Nutzeranforderungen an den Datenschutz eines solchen Systems berücksichtigt.

1. MOTIVATION

Leistungsfähige Fahrerassistenzsysteme, die den Fahrer in vielen Bereichen unterstützen, bzw. ihm ganze Fahraufgaben abnehmen, sind zurzeit bereits auf dem Markt erhältlich. Aktuelle Forschungs- und Entwicklungsarbeiten der Automobilindustrie fokussieren auf die hochautomatisierte Fahrzeugführung (Gasser et al., 2012) bzw. Level 3 (Conditional Automation; SAE, 2014). Diese unterscheidet sich im Wesentlichen von den niedrigeren Automatisierungsstufen durch die Tatsache, dass die Beobachtung der Umgebung anstatt wie bisher vom Fahrer durch das Fahrzeug übernommen wird und der Fahrer nur noch als Rückfallebene fungiert. Mit der hochautomatisierten Fahrzeugführung werden eine höhere Verkehrssicherheit (Jamson et al., 2011), eine geringere kognitive Belastung und größere Tätigkeitsmöglichkeiten (Naujoks & Neukum, 2016) während der Fahrt assoziiert. Dafür muss jedoch die Technik ausfallsicher und zuverlässig funktionieren und die Rollenverteilung zwischen Fahrer und Fahrzeug bei der Mensch-Maschine-Kooperation angemessen gestaltet sein. Aus Sicht des Fahrers gibt es darüber hinaus noch offene Themen, die neben der Übergabeproblematik zwischen Fahrer und Fahr-

¹ Für die einfachere Lesbarkeit werden im Folgenden nur die männlichen Bezeichnungen von Fahrer oder Nutzer verwendet

zeug die Akzeptanz und den Nutzen der automatisierten Fahrfunktionen, die Veränderung des erlebten Fahrspaßes und auch den Datenschutz bei den vom Fahrzeug an andere übertragene Daten adressieren.

In diesem Beitrag werden die genannten fahrerbezogenen Themen behandelt. Dazu werden die Ergebnisse aus unterschiedlichen vom Institut für Arbeitswissenschaft, TU Darmstadt (IAD) durchgeführten Befragungen zu Akzeptanz und Nutzungsintention, Fahrspaß und Datenschutz dargestellt.

2. AKZEPTANZ UND NUTZUNGSINTENTION

2.1 Begriff Akzeptanz

Ein weit verbreitetes Modell zur Erklärung der Akzeptanz von Technologien ist das Technology Acceptance Model (TAM) von Davis et al. (1989), siehe Abbildung 1. In diesem Modell wird die Akzeptanz einer Technologie nicht als Einstellung, sondern als Verhalten, das sich in der tatsächlichen Nutzung der Technologie zeigt, gesehen. Arndt (2011) definiert die Akzeptanz von Fahrerassistenzsystemen ebenfalls als Verhalten, was sich jedoch durch den Kauf solcher Systeme ausdrückt, ihr Akzeptanzmodell basiert u.a. auf der Theory of planned behavior (Ajzen, 1991). Kauer et al. (2010) erweitern das Technology Acceptance Model um den Faktor Nutzungsfreude.

Das tatsächliche Verhalten einer Person hängt davon ab, ob diese die Absicht hat, das Verhalten auszuführen (Verhaltensintension) und ob sie die freie Wahl dazu hat und sich selbst dazu in der Lage sieht (wahrgenommene Verhaltenskontrolle, Ajzen, 1991). Im TAM ist die Nutzungsintention die einzige Variable mit direktem Einfluss auf die tatsächliche Nutzung einer Technologie. Gemäß der Theorie des geplanten Verhaltens von Ajzen (1991) hat neben der Einstellung zum Verhalten und der wahrgenommenen Verhaltenskontrolle auch die subjektive Norm Einfluss auf die Verhaltensintention.

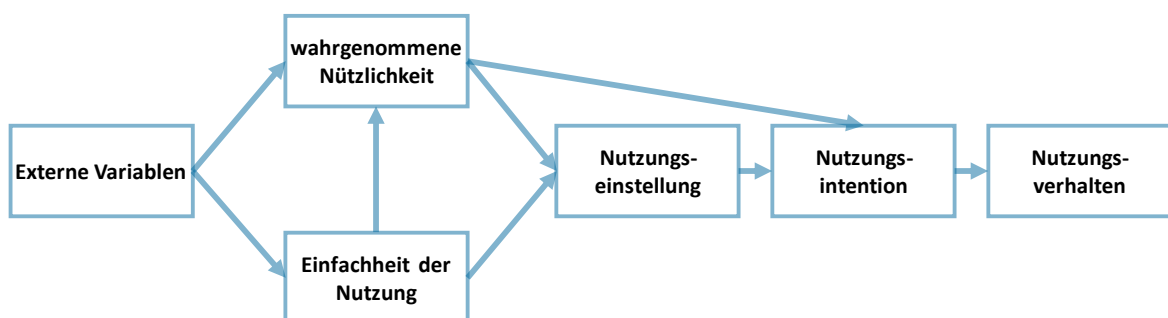


Bild 1: Technology Acceptance Model (TAM) Davis et al. (1989), eigene Übersetzung und Darstellung

Das TAM geht davon aus, dass bestimmte Eigenschaften einer Technologie, welche in Bild 1 als externe Variablen bezeichnet sind, die tatsächliche Nutzung dieser Technologie durch den Nutzer bewirken. Die Eigenschaften einer Technologie haben einen direkten Einfluss auf die wahrgenommene Nützlichkeit und die wahrgenommene Einfachheit der Nutzung. Der Einfluss der Eigenschaften auf das Nutzungsverhalten erfolgt indirekt über die Mediatoren Nutzungseinstellung und Nutzungsintention.

Hoch- und vollautomatisierte Fahrzeuge sind derzeit noch nicht auf dem Markt erhältlich. Aus diesem Grund kann die Akzeptanz hoch- und vollautomatisierter Fahrzeuge nur durch die Nutzungsintention der Befragten erfasst werden.

2.2 Untersuchungsmethodik

Aufbauend auf dem TAM (Davis et al., 1989) und bisheriger Literaturerkenntnisse zu niedrigeren Automatisierungsstufen, wurden Arbeitshypothesen abgeleitet und im Rahmen einer Online-Befragung zur Akzeptanz des hochautomatisierten Fahrens im Sommer 2016 überprüft. Dabei wurde die a-priori Akzeptanz entsprechend dem TAM (Davis et al., 1989) als Nutzungsintention definiert.

Die Arbeitshypothesen umfassen folgende Eigenschaften eines hochautomatisierten Fahrsystems, die die durch die Nutzung erwarteten Vorteile wiedergeben sowie deren Wirkung auf die Nutzungsintention: Komfort, Nebentätigkeiten, Fahrspaß, Zeitersparnis, Umweltfreundlichkeit, Sicherheit und Image. Zusätzlich wird das Vertrauen berücksichtigt, da angenommen wird, dass dieses einen direkten Einfluss auf den wahrgenommenen Nutzen der genannten Systemeigenschaften hat.

Die Umfrage bestand aus einer ausführlichen Einleitung und dem Akzeptanzfragebogen. Im Einleitungsteil wurde den Befragten die Aufgabenteilung zwischen Mensch und Fahrsystem beim hochautomatisierten Fahren anhand einer Beschreibung in einfacher Sprache erklärt. Diese Beschreibung ist angelehnt an die Definition des Automatisierungsgrads *hochautomatisiert* der Bundesanstalt für Straßenwesen (Gasser et al., 2012) und der Definition von Kyriakidis et al. (2015), welche ebenfalls in einer Online-Umfrage verwendet wurde. Des Weiteren wurde den Befragten eine mögliche Fahrsituation mit Kontrollübergabe an den Fahrer in bildlicher Darstellung (siehe Bild 2) mit erklärendem Text präsentiert.

Hochautomatisiert: Das hochautomatisierte Fahrsystem übernimmt die Kontrolle über die Geschwindigkeit und die Lenkung des Fahrzeugs. Ein hochautomatisiertes Fahrsystem ermöglicht es dem Fahrer auf die permanente Überwachung der Fahrbahn und Verkehrsumgebung zu verzichten. Wenn das Fahrzeug in einer Fahrsituation (z.B. in einem Baustellenbereich) nicht hochautomatisiert fahren kann, wird der Fahrer vorher mit ausreichender Zeitreserve zur Übernahme der Kontrolle aufgefordert. Der Fahrer muss daraufhin die Kontrolle über die Lenkung und die Geschwindigkeit übernehmen.

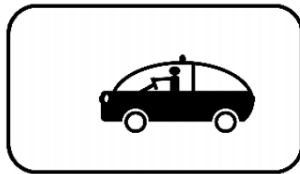
In der Untersuchung wird u.a. die Meinung der Befragten zu den von ihnen erwarteten Vorteilen der Nutzung hochautomatisierter Fahrsysteme, ihrer Nutzungsintention und ihrem Vertrauen in das hochautomatisierte Fahrsystem, erfasst. Jede dieser latenten (nicht direkt messbaren) Variablen wird mit jeweils drei 5-stufigen Likert-Items von 1 = „stimme überhaupt nicht zu“ bis 5 = „stimme voll und ganz zu“ gemessen. Die Einstellung zum hochautomatisierten Fahren wird mit einem 5-stufigen Differential mit fünf bipolaren Assoziationsbegriffen (Ajzen, 2002) ermittelt. Die Items wurden zum Teil von Arndt (2011), Deml (2016) und Ajzen (2002) übernommen und an die Thematik des hochautomatisierten Fahrens angepasst.

**Situation 1:**

Das Fahrzeug fährt hochautomatisiert. Die Umgebung wird von Sensoren erfasst und vom Fahrsystem interpretiert. Das hochautomatisierte Fahrsystem ermöglicht es dem Fahrer, auf die permanente Überwachung der Fahrbahn und Verkehrsumgebung zu verzichten.

**Situation 2:**

Das Fahrzeug fährt hochautomatisiert und erkennt frühzeitig eine Situation, in der es nicht mehr hochautomatisiert fahren kann. Eine solche Situation könnte z.B. ein Baustellenbereich sein. Das Fahrzeug fordert den Fahrer mit ausreichender Zeitreserve zur Übernahme der Kontrolle auf.

**Situation 3:**

Der Fahrer übernimmt die Kontrolle über das Fahrzeug. Der Fahrer steuert das Fahrzeug mit Lenkrad und Pedalen.

**Situation 4:**

Der Fahrer hat die Möglichkeit den hochautomatisierten Fahrmodus in einer geeigneten Fahrsituation wieder einzuschalten.

Bild 2: Variierende Aufgabenverteilung beim hochautomatisierten Fahren, eigene Darstellung

2.3 Ergebnisse

An der Umfrage nahmen insgesamt 130 Frauen und 235 Männer teil ($n = 365$). Die Befragten sind im Mittel 34,1 Jahre alt ($\sigma = 14,2$ Jahre). Im Folgenden werden die Antworten der Befragten deskriptiv dargestellt und kurz erläutert.

Vertrauen, Sicherheit und Komfort

Hinsichtlich des von Johns (1996) als "willingness to place oneself in a relationship that establishes or increases vulnerability with the reliance upon someone or something to perform as expected" definierten Vertrauens zeigt sich, dass die Befragten weder Vertrauen noch Misstrauen in die Nutzung hochautomatisierter Fahrzeuge haben, siehe Bild 3 oben. Die Mittelwerte der einzelnen Items weichen nur schwach voneinander und von der Skalenmitte 3 ab. Durch den 1-Stichproben t-Test auf Abweichung von der Skalenmitte konnte nachgewiesen werden, dass die Befragten bei dem Item „Ich vertraue dem System.“ ($\bar{X} = 3,01$, $\sigma = 1,01$) unentschlossen sind ($t(364) = 0.258$, $p = 0.797$). Die Beurteilung der Items „Das System scheint mir vertrauenswürdig zu sein.“ ($\bar{X} = 3,15$, $\sigma = 1,0$) und „Das System scheint mir verlässlich zu sein.“ ($\bar{X} = 3,21$, $\sigma = 0,99$) sowie die der weiteren sechs nachfolgenden Items zu Sicherheit und Komfort weichen signifikant von der Skalenmitte ab (alle $p < 0.001$).

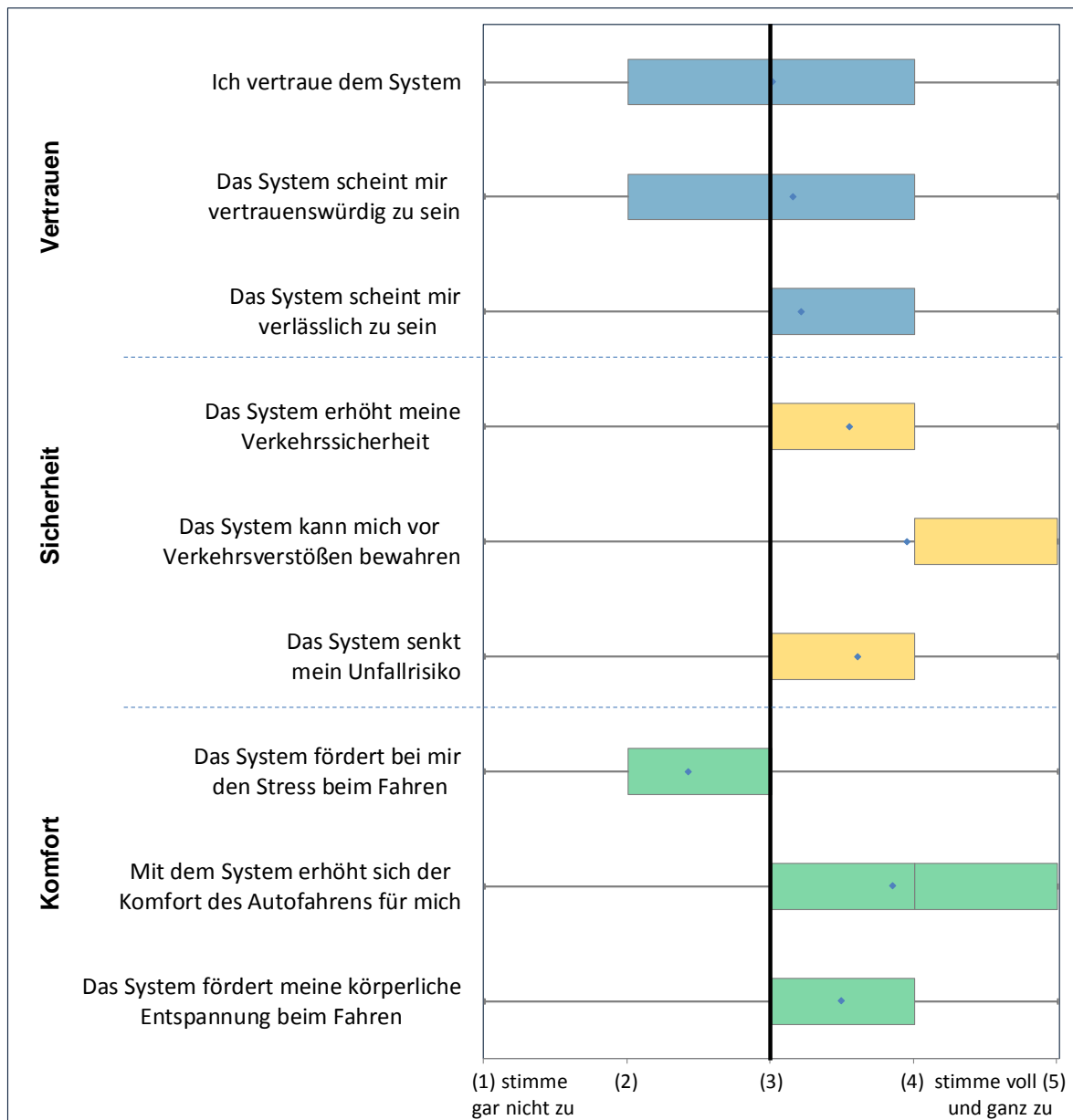


Bild 3: Verteilung der Befragungsergebnisse zu „Vertrauen“, „Sicherheit“ und „Komfort“ in Bezug zum hochautomatisierten Fahren, Darstellung von Boxplot und Mittelwert (♦) – Online-Befragung, n=365

Der Sicherheitsaspekt spielt eine zentrale Rolle beim automatisierten Fahren. So stimmen die Befragten tendenziell eher zu, dass ein hochautomatisiertes Fahrsystem die eigene Verkehrssicherheit erhöht ($\bar{X} = 3,55$, $\sigma = 0,98$) und das Unfallrisiko senkt ($\bar{X} = 3,60$, $\sigma = 0,97$). Die meiste Zustimmung findet die Aussage, dass hochautomatisierte Fahrsysteme den Fahrer vor Verkehrsverstößen bewahren können ($\bar{X} = 3,95$, $\sigma = 0,95$; alle $p < 0.001$), siehe Bild 3 Mitte.

Ein Hauptmotiv bei der Entwicklung von Fahrerassistenzsystemen und höher automatisierten Fahrsystemen ist die Steigerung des Fahrkomforts. Die Befragten stimmen tendenziell eher zu, dass hochautomatisierte Fahrsysteme den Komfort des Autofahrens erhöhen ($\bar{X} = 3,85$, $\sigma = 1,15$). Etwas weniger Zustimmung findet die Aussage, dass hochautomatisierte Fahrsysteme die körperliche Entspannung fördern ($\bar{X} = 3,49$, $\sigma = 1,09$). Die Probanden lehnen die Aussage, dass hochautomatisierte Fahrsysteme den Stress beim Fahren fördern, tendenziell eher ab ($\bar{X} = 2,42$, $\sigma = 1,08$; alle $p < 0.001$), siehe Bild 3 unten.

Nebentätigkeiten, Umweltfreundlichkeit und Imagewirkung

Während des hochautomatisierten Fahrens könnte sich der Fahrer bei entsprechenden rechtlichen Regelungen fahrfremden Tätigkeiten zuwenden, da das Fahrzeug auch die Beobachtung der Umgebung übernimmt.

Die Befragten besitzen jedoch keine ausgeprägte Absicht sich mit den in Bild 4 (oben) genannten fahrfremden Tätigkeiten während des hochautomatisierten Fahrens zu beschäftigen. Das Schauen von Filmen während des hochautomatisierten Fahrens ($\bar{X} = 2,07$, $\sigma = 1,21$) sowie das Lesen ($\bar{X} = 2,48$, $\sigma = 1,26$; beide $p < 0.001$) werden eher abgelehnt. Hinsichtlich der Internetnutzung während des hochautomatisierten Fahrens sind die Befragten unentschlossen ($\bar{X} = 2,99$, $\sigma = 1,39$, $(t(364) = -0.113, p = 0.910)$).

Die Befragten sehen hochautomatisierte Fahrsysteme insgesamt als tendenziell umweltfreundlich an. Die meiste Zustimmung finden die Aussagen, dass ein hochautomatisiertes Fahrsystem eine umweltfreundliche Fahrweise unterstützt ($\bar{X} = 3,83$, $\sigma = 0,99$) und, dass man mit einem hochautomatisierten Fahrsystem Kraftstoff sparen kann ($\bar{X} = 3,76$, $\sigma = 0,93$). Die Aussage, dass durch das System die Umwelt weniger belastet wird, findet etwas weniger Zustimmung ($\bar{X} = 3,56$, $\sigma = 1,04$; alle $p < 0.001$), siehe Bild 4 Mitte.

Für viele Menschen hat das Autofahren einen symbolischen Wert, mit dem der Fahrer bzw. der Fahrzeughalter ein gewisses Image nach außen trägt. Die Aussagen „Das System schadet meinem Image.“ ($\bar{X} = 1,55$, $\sigma = 0,82$) und „Es wäre mir vor meinen Kollegen und Freunden peinlich, das System zu nutzen.“ ($\bar{X} = 1,62$, $\sigma = 0,96$) werden von den Befragten ähnlich stark abgelehnt. Beide Items sind so formuliert, dass sie die negative Imagewirkung hochautomatisierter Fahrsysteme der Befragten erfassen. Die Probanden sind der Meinung, dass ein hochautomatisiertes Fahrsystem keine negative Wirkung auf das eigene Image hat (beide $p < 0.001$). Mit der Aussage „Ich kann stolz sein, wenn ich Anderen das System vorführe.“ ($\bar{X} = 2,90$, $\sigma = 1,28$) wird hingegen eine positive Imagewirkung ermittelt. Die Befragten sind unentschlossen, ob ein hochautomatisiertes Fahrsystem positiv auf das eigene Image wirkt ($t(364) = -1,514$, $p = 0.131$), siehe Bild 4 unten.

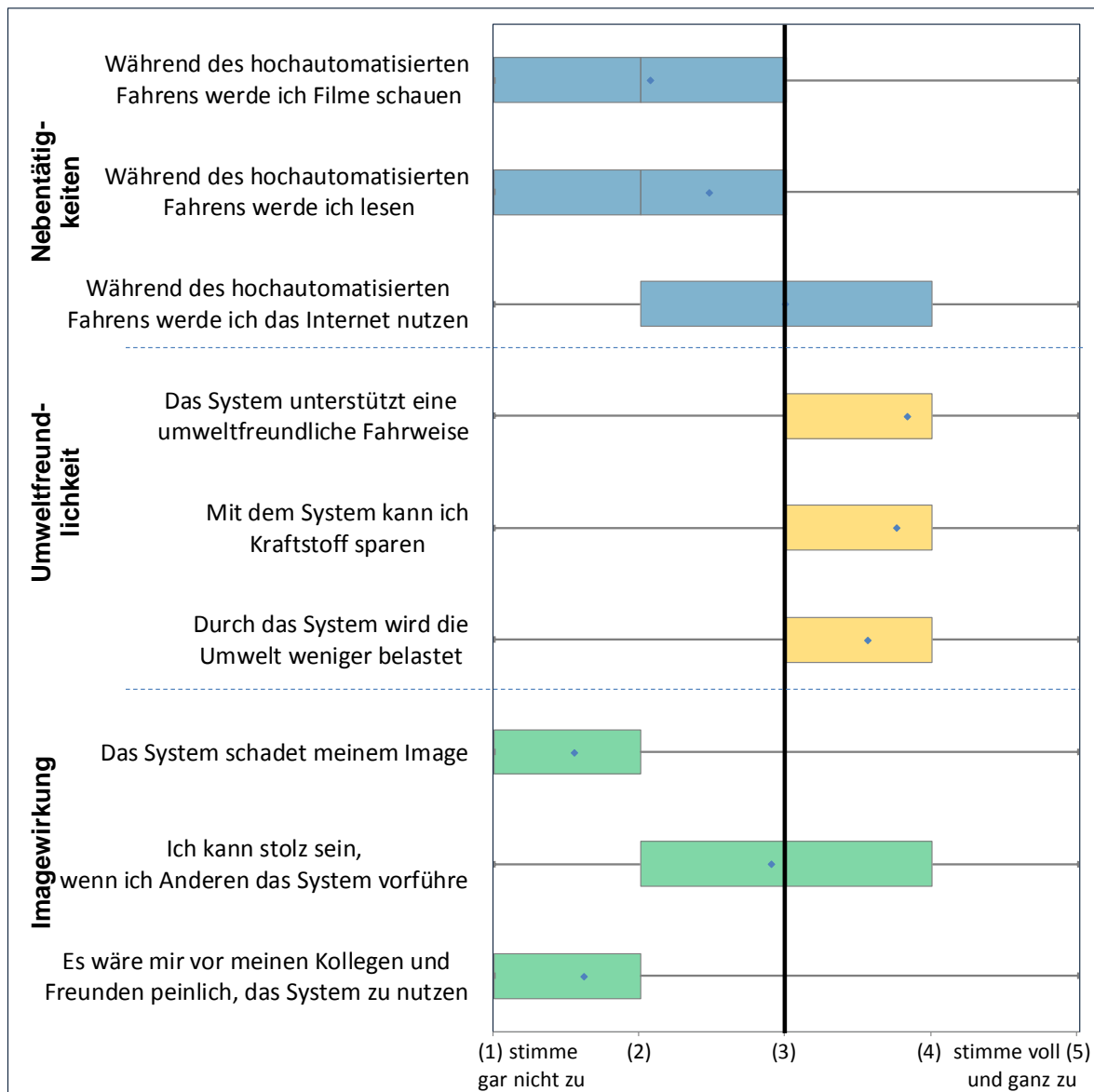


Bild 4: Verteilung der Befragungsergebnisse zu „Nebentätigkeiten“, „Umweltfreundlichkeit“ und „Imagewirkung“ in Bezug zum hochautomatisierten Fahren, Darstellung von Boxplot und Mittelwert (♦) – Online-Befragung, n=365

Nutzungsintention

In der Modellvorstellung des TAM (Davis et al., 1985) ist die Nutzungsintention die einzige Variable mit direktem Einfluss auf die tatsächliche Nutzung einer Technologie. Die Absicht der Befragten, hochautomatisierte Fahrsysteme zu nutzen ist nur schwach ausgeprägt, siehe Bild 5. Die Aussagen „Ich würde dieses System gerne nutzen.“ ($\bar{X} = 3,44$, $\sigma = 1,26$) und „Ich werde die Nutzung des Systems in Betracht ziehen.“ ($\bar{X} = 3,53$, $\sigma = 1,21$) werden sehr ähnlich bewertet. Die Befragten schließen eine Nutzung solcher Systeme jedoch nicht kategorisch aus ($\bar{X} = 2,01$, $\sigma = 1,23$, alle $p < 0.001$).

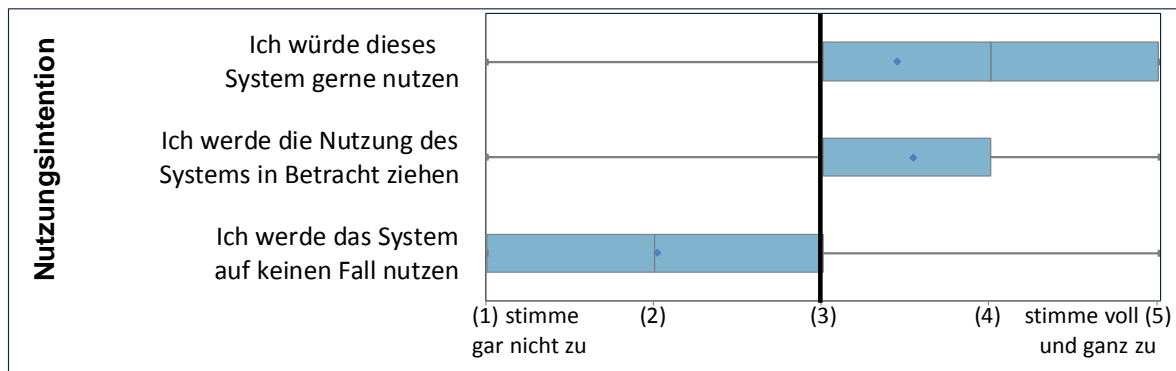


Bild 5: Verteilung der Befragungsergebnisse zu „Nutzungsintention“ in Bezug zum hochautomatisierten Fahren, Darstellung von Boxplot und Mittelwert (♦) – Online-Befragung, n=365

Einstellung zum hochautomatisierten Fahren, Nutzen und Bedenken

Die Einstellung zur Nutzung hochautomatisierter Fahrzeuge umfasst eine emotionale und kognitive Bewertung der Systemnutzung. Diese wird von potenziellen Nutzern auch bezüglich der Konsequenzen bewertet (Arndt, 2011).

In der durchgeführten Online-Befragung wurde nach der Einstellung zum hochautomatisierten Fahren gefragt, die Antworten wurden mit einem 5-stufigen Differential mit fünf bipolaren Assoziationsbegriffen (Ajzen, 2002) ermittelt. Es zeigt sich, dass diese grundsätzlich positiv ist. Alle Items zur Erfassung der Einstellung zur Nutzung werden im Durchschnitt mit einem Wert größer 3 bewertet, alle $p < 0.001$ (Bild 6). Die Probanden sehen die Nutzung hochautomatisierter Fahrsysteme insbesondere als nützlich ($\bar{X} = 4.02$, $\sigma = 0.98$) und vorteilhaft ($\bar{X} = 3.83$, $\sigma = 1.01$) an.

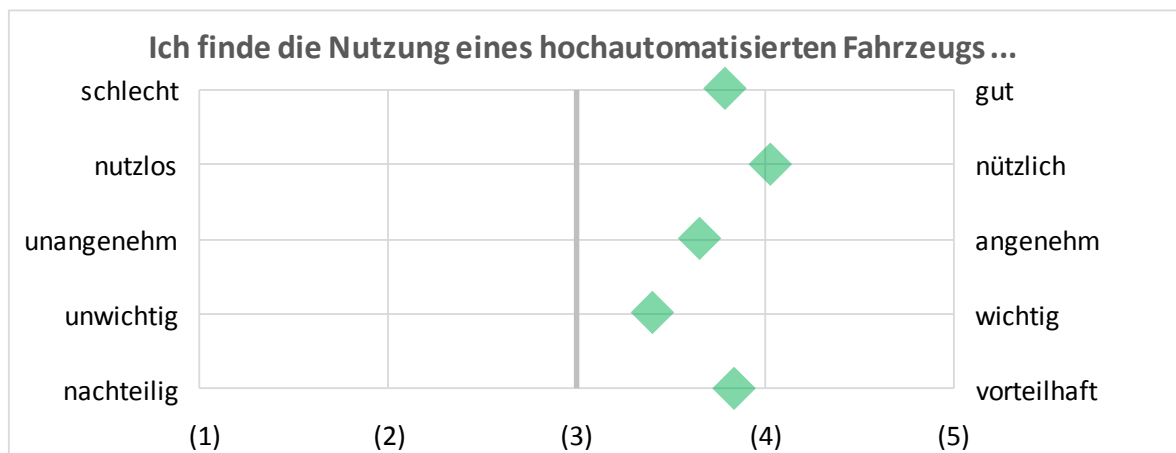


Bild 6: Einstellung zum hochautomatisierten Fahren, Mittelwert der Antworten – Online-Befragung, n=365

Für fast alle befragten Fahrer (95%) ist beim hochautomatisierten Fahren die Sicherheit wichtig und für 2/3 der Fahrer der Komfort (Bild 7), die Themen Fahrspaß und Ausübung von Nebentätigkeiten werden von weniger der Befragten als wichtig ausgewählt. Diese Sicht auf den als wichtig erachteten Aspekt Sicherheit deckt sich jedoch nicht mit den von den Befragten gesehenen Nutzen des hochautomatisierten

Fahrens (siehe Bild 8, vorgegebene Antwortmöglichkeiten), bei dem nur von 57% die Sicherheit angegeben wird. Im Hinblick auf die Möglichkeit, Nebentätigkeiten auszuführen, zeigt sich ein entgegengesetztes Bild. Während diese nur für 37% der Befragten wichtig ist (Bild 7, vorgegebene Antwortmöglichkeiten), sehen 48% darin einen Nutzen des hochautomatisierten Fahrens (Bild 8). Dies zeigt, dass es für die Nutzer bei einigen Aspekten des hochautomatisierten Fahrens noch eine Divergenz zwischen den Erwartungen von Nutzern und dem von ihnen aktuell darin gesehenen Nutzen gibt. Der Komfort, der für viele Fahrer neben der Sicherheit im Fokus steht, wird von 67% als wichtig bezeichnet und genauso häufig auch als Nutzen des hochautomatisierten Fahrens gesehen.

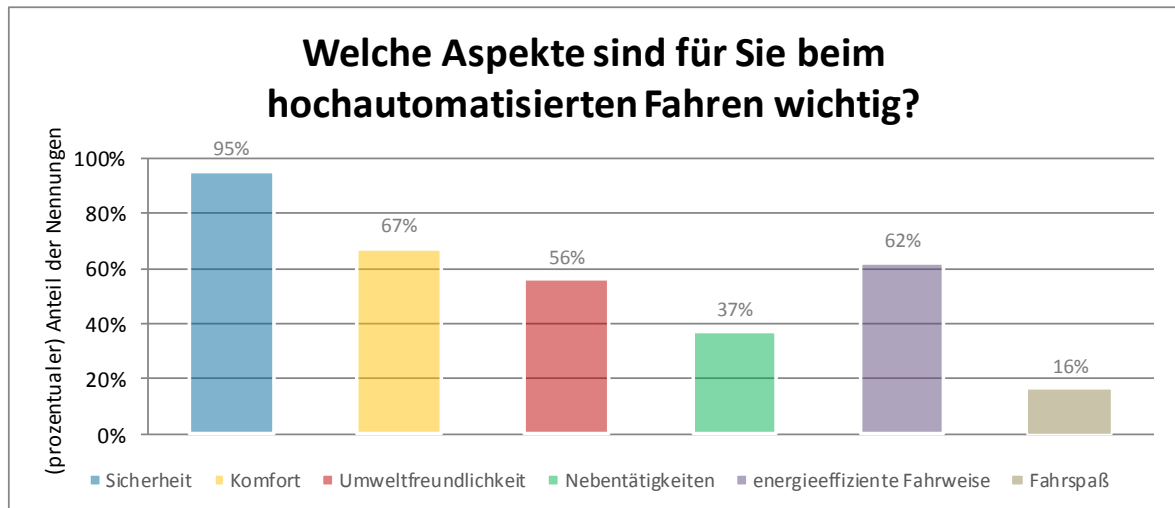


Bild 7: „Welche Aspekte sind für Sie beim hochautomatisierten Fahren wichtig?“ (Mehrfachnennungen möglich) – Online-Befragung, n=365, m = 1217

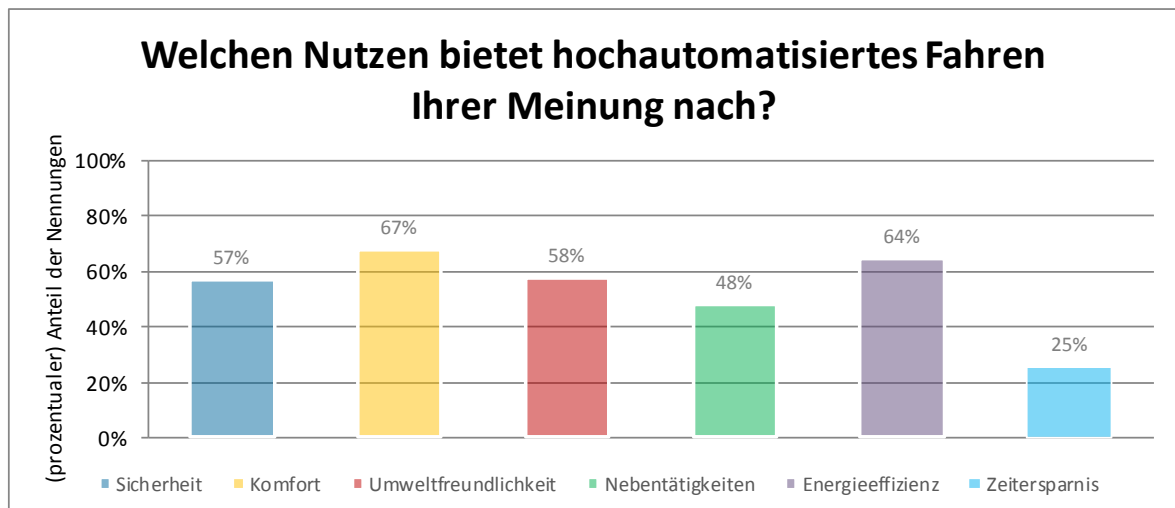


Bild 8: „Welchen Nutzen bietet hochautomatisiertes Fahren Ihrer Meinung nach?“ (Mehrfachnennungen möglich) – Online-Befragung, n=365, m = 1166

Diese grundsätzlich positive Einstellung zum hochautomatisierten Fahren schließt jedoch nicht aus, dass es auch Bedenken demgegenüber gibt. Bei der durchgeführten Online-Umfrage (vorgegebene Antwortmöglichkeiten, Bild 9) wurden von der großen Mehrheit der Befragten die „Rechtslage hinsichtlich der Verantwortung bei

Verkehrsunfällen“ (76%) sowie das „Gefühl des Kontrollverlusts“ (66%) als Bedenken genannt. Die Bedenken hinsichtlich „Datenschutz“ (36 %), „reduzierter Sicherheit“ (39 %) und „Verminderung des Fahrspaßes“ (34%) wurden nur von gut einem Drittel der Befragten ausgewählt.

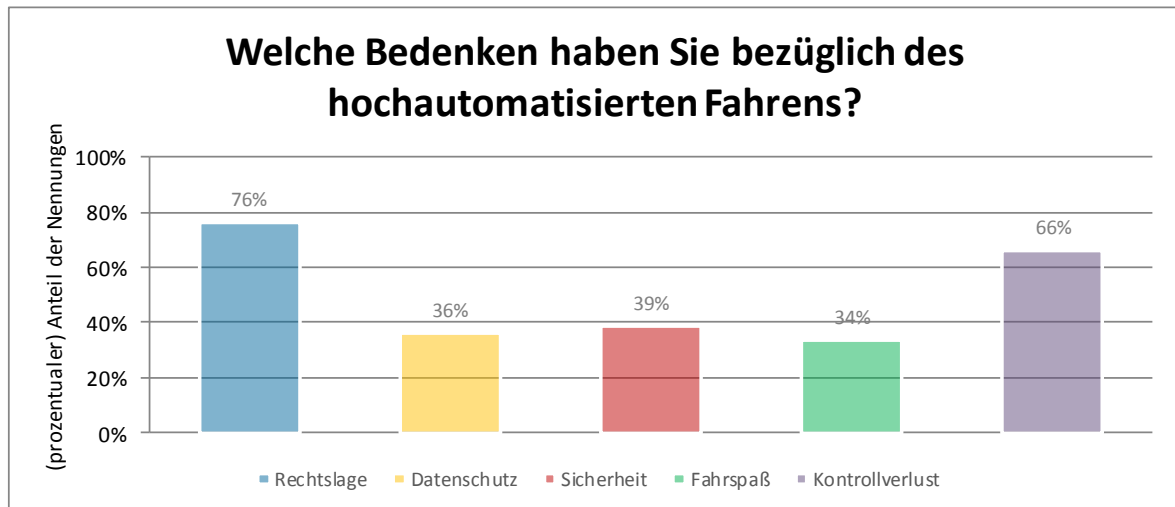


Bild 9: „Welche Bedenken haben Sie bezüglich des hochautomatisierten Fahrens?“ (Mehrfachnennungen möglich) – Online-Befragung, n=365, m = 919

Diese Ergebnisse überraschen zunächst. Während die Bedenken bezüglich der Rechtslage sowie eines befürchteten Kontrollverlusts hoch sind, werden die Themen Datenschutz, Sicherheit und Fahrspaß als weniger bedenkenswert eingeschätzt. Dies spiegelt einerseits ein relativ ausgeprägtes Vertrauen in die Sicherheit des automatisierten Fahrens wieder. In der Tat hat sich die bisherige Forschungsliteratur vor allem mit den Sicherheitsaspekten des automatisierten Fahrens befasst (z. Bsp. Elkhaili et al., 2006; McCall & Trivedi, 2007; Özgüner et al., 2007; Stolte et al., 2016). Andererseits sind die geringen Datenschutzbedenken ein Hinweis, dass die Datenschutzproblematik von den Nutzern unterschätzt wird. Im Einklang mit dieser Sichtweise ist sich der Großteil der Nutzer weder über die Existenz von vernetzten Fahrzeugen noch über die Zugehörigkeit ihres eigenen Fahrzeugs zu eben dieser Klasse bewusst (FIA, 2016). Doch wie stehen die Nutzer zum Datenschutz im automatisierten Automobil, wenn sie explizit zum Datenschutz befragt werden? Diese Frage aufgreifend wird in Kapitel 4 eine Umfrage zum Datenschutz im vernetzten Automobil berichtet. Kapitel 3 beleuchtet zuvor den Fahrspaß genauer.

3. FAHRSPASS

Die Ergebnisse der online-Befragung werfen die Frage auf, wieso nur ein kleiner Teil der Befragten eine Reduktion des Fahrspaßes als Bedenken aufführt. Während der potentielle Verlust des Fahrspaßes beim automatisierten Fahren in der öffentlichen Diskussion oftmals kritisch bewertet wird (Invensity, 2016; Doll & Maaß, 2015), zählen die Befragten den Verlust des Fahrspaßes nicht zu den Hauptbedenken. Deshalb wird hier das Thema Fahrspaß im Zusammenhang mit dem automatisierten Fahren noch einmal genauer analysiert. Dazu wird zunächst der „Fahrspaß“ näher betrachtet. Anschließend werden einige detailliertere Ergebnisse der Online-

Umfrage zum Fahrspaß dargestellt, sowie die Ergebnisse aus vertiefenden Interviews zu dem Thema, um die Sicht von potentiellen Nutzern automatisierter Fahrzeuge auf den Fahrspaß zu ergründen.

3.1 Begriff Fahrspaß

Denn „Fahrspaß“ ist ein populärer und häufig verwendeter Begriff und wird insbesondere von Medien und Fahrzeug-Herstellern durchaus offensiv genutzt. Dennoch „bleibt durchgängig im Unklaren, was genau darunter verstanden wird und welche Faktoren das Fahrvergnügen beeinflussen“ (Tischler & Renner, 2007, S. 105). Um sich dem Begriff zu nähern, können zunächst Erkenntnisse aus allgemeinen Spaß-Modellen gezogen werden. Hier lassen sich eigenschafts- und tätigkeitszentrierte Modelle unterscheiden.

Tätigkeitszentrierte Modelle können erklären, wann eine Tätigkeit Spaß bereitet. Oft wird dieses höchst subjektive Erleben als „Flow-Zustand“ (Csikszentmihalyi, 1985) bezeichnet; ein völliges Aufgehen des Akteurs in seiner momentanen Tätigkeit. Die Voraussetzung hierfür ist einerseits die intrinsische Motivation des Akteurs bei einer Tätigkeit (Heckhausen, 1989; Rheinberg, 1989) und andererseits ein gewisses Gleichgewicht von Anforderungen durch die Tätigkeit und von Fähigkeiten des Akteurs (Csikszentmihalyi, 1985). Liegen diese im Gleichgewicht, so entsteht ein „Flow-Kanal“, ein Bereich, der grundsätzlich Spaß bei der Tätigkeit zulässt. Das Modell von Fuller (2005) erlaubt eine direkte Übertragung dieser Überlegungen auf den Kontext Fahrzeugführung.

Eigenschaftszentrierte Ansätze beschreiben, welche Eigenschaften von Produkten mit Spaß verknüpft sind: So lassen sich bspw. „Basis-Faktoren“, „Leistungsfaktoren“ und „Begeisterungsfaktoren“ (Kano et al., 1984) unterscheiden, oder die pragmatische und hedonische Qualität von Produkten (Hassenzahl et al., 2000), wobei die jeweils letzten Kategorien den Spaß besonders fördern. Daraus ergibt sich, dass das Fahrzeug mit seinen Eigenschaften Fahrspaß unterstützen muss.

Aufbauend auf diesen allgemeinen Erkenntnissen untersuchten Tischler und Renner (2007) den Fahrspaß genauer. Sie stellen die Fahrdynamik in den Mittelpunkt ihrer Untersuchungen; wobei sie annehmen, „*dass für das Fahrgefühl und den Fahrspaß hauptsächlich die Tätigkeiten auf den Ebenen Manövrieren und Stabilisieren entscheidend [sind]*“ (Tischler & Renner, 2007, S. 106-107). Ihre Ausführungen beziehen sich also nur auf die „Kernthemen“ des Autofahrens, die Längs- und Querverführung bzw. -regelung. Aspekte der übergeordneten Navigation, oder der Sekundär- bzw. Tertiäraufgaben (bspw. Fahrzeugbedienung) werden nicht betrachtet. Sie schlagen folgende Arbeitsdefinition vor: „*Fahrspaß ist ein durch aktives Handeln bestimmter, positiver emotionaler Zustand einer Person, der durch ein momentanes sinnliches Erleben der Interaktion Mensch-Fahrzeug-Umwelt bestimmt wird.*“ (Tischler & Renner, 2007, S. 109). Das von ihnen vorgeschlagene Fahrspaß-Modell greift die beschriebenen, allgemeinen Spaß-Ansätze auf (Bild 10): Der Fahrer wählt je nach Situation und eigenen Fähigkeiten eine Aufgabenschwierigkeit (dies erinnert an tätigkeitszentrierte Ansätze, bspw. an das Flow-Erleben). Umgesetzt wird die Aufgabe mit dem Produkt Fahrzeug, das mit seinen Eigenschaften (eigenschaftszentrierte Ansätze) erheblich den Spaß beeinflusst. Gelingt diese Umsetzung besonders gut, so bewertet er die Fahrt positiv, es entsteht Fahrspaß.

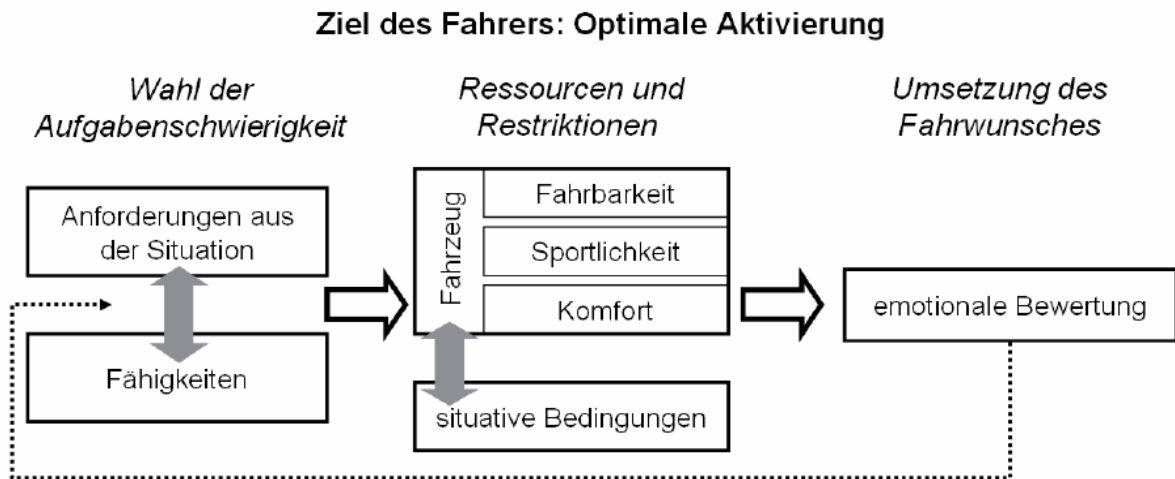


Bild 10: Fahrspaß-Modell von Tischler & Renner (2007)

3.2 Fahrspaß und automatisiertes Fahren

Oft wird das Verhältnis von Fahrspaß und Automation als ein gegensätzliches beschrieben: Je mehr Aspekte des Autofahrens automatisiert werden, desto mehr leide der Fahrspaß (z.B. Eimler & Geißler, 2015). Der abzuleitende Ansatz wäre entsprechend, langweilige oder auch beanspruchende Tätigkeiten und Fahraufgaben zu automatisieren (z.B. Staupilot, Parken), dem Fahrer allerdings die Tätigkeiten zu lassen, die Fahrspaß versprechen (Engelbrecht, 2013).

Die oben beschriebene Online-Befragung am IAD zeigt keine eindeutige Meinung zum Fahrspaß beim hochautomatisierten Fahren. Bezüglich der Aussage, dass ein hochautomatisiertes Fahrsystem das Autofahren langweilig machen würde, sind die Befragten unentschieden ($\bar{X} = 3.00$, $\sigma = 1.32$, $t(364) = 0.04$, $p = 0.968$; Bild 11). Die beiden gegensätzliche formulierten Items „Das System erhöht meinen Fahrgenuss.“ ($\bar{X} = 2.76$, $\sigma = 1.17$) und „Fahren mit dem System würde mir keinen Spaß bereiten“ ($\bar{X} = 2.75$, $\sigma = 1.18$, beide $p < 0.001$) werden beide nicht bejaht.

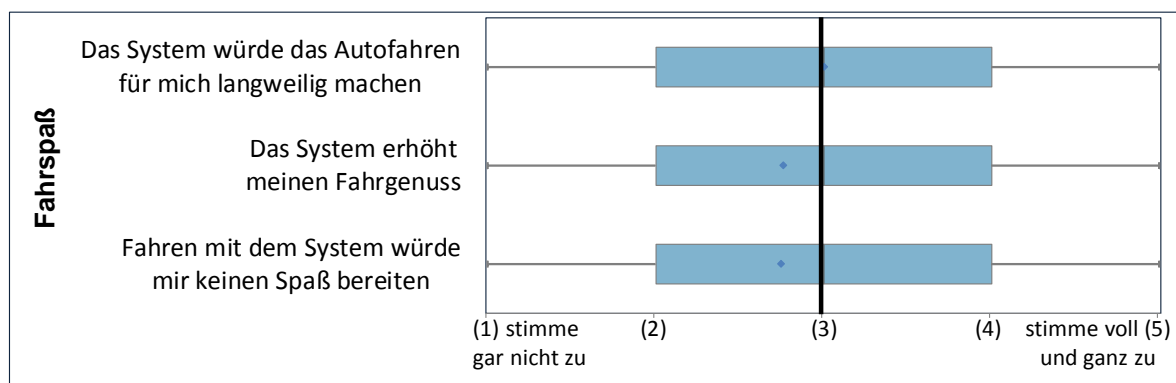
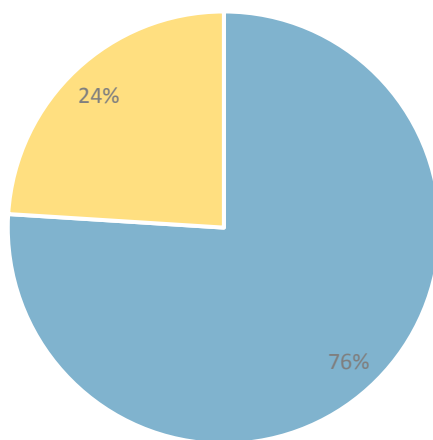


Bild 11: Verteilung der Befragungsergebnisse zu „Fahrspaß“ in Bezug zum hochautomatisierten Fahren, Darstellung von Boxplot und Mittelwert (♦) – Online-Befragung, n=365

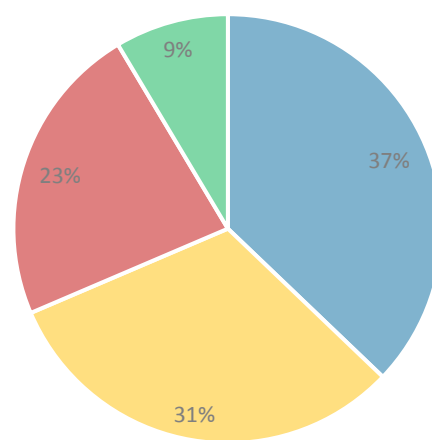
Diese eher indifferenten Ergebnisse der online-Befragung sind möglicherweise auch darauf zurückzuführen, dass der Fahrspaß hier nur kurz betrachtet wurde. Es erscheint denkbar, dass der Fahrspaß dann sehr stark als fahrdynamisches Erleben oder als Ausüben von Kontrolle über das Fahrzeug verstanden wird und andere Faktoren, die auch zum Fahrspaß beitragen können, zunächst außer Acht gelassen werden. Um dies genauer zu prüfen wurde am IAD eine Befragung in Form halbstrukturierter Interviews (N=20) durchgeführt, in der unterschiedliche Automationsgrade von teilautomatisiert bis hochautomatisiert betrachtet wurden.

Insbesondere die Einschätzung der Befragten, wie sich eine immer umfänglichere Automation auf den Fahrspaß auswirkt, zeigt hier ein differenziertes Bild: Zunächst kommt es für die Befragten darauf an, ob in einem Automations-Szenario die Möglichkeit eines Eingreifens durch den Fahrer besteht. Ist dies nicht der Fall, so wirke sich dies klar negativ auf den Fahrspaß aus (Bild 12). Besteht die Möglichkeit zum Eingreifen, so sind die Meinungen gemischt (Bild 13): Die meisten Befragten geben an, dass sich der Spaß-Begriff verschieben würde. Fahrspaß wäre nicht mehr das, was man sich ursprünglich darunter vorstellt. Jedoch treten andere Spaß-bezogene Aspekte, z.B. Freude an mehr Mobilität oder über mehr Freizeit in den Vordergrund. Bild 13 zeigt, dass die Mehrheit der Befragten eine positive Veränderung des Fahrspaßes durch mehr Automation erwartet. Denn die Ansichten, der Fahrspaß würde mit mehr Automation generell steigen und Automation verändere den Fahrspaß positiv, wird von der Mehrheit der Befragten geteilt. Insofern muss die Annahme des grundsätzlich entgegengesetzten Verhältnisses von Fahrspaß und automatisierter Fahraufgabe kritisch hinterfragt werden.



■ Verschlechterung ■ Verbesserung

Bild 12: Einschätzung, wie sich der Fahrspaß mit Automation verändert (ohne Eingreifmöglichkeit) – halbstrukturierte Interviews, n=20



■ Veränderter Spaß-Begriff
■ Verschlechterung
■ Verbesserung
■ Keine Veränderung

Bild 13: Einschätzung, wie sich der Fahrspaß mit Automation verändert (mit Eingreifmöglichkeit) – halbstrukturierte Interviews, n=20

Fahrspaß und Interaktionswünsche

Obwohl aus der am IAD durchgeführten Online-Umfrage zur Akzeptanz des hochautomatisierten Fahrens hervorgeht, dass der Fahrspaß für die Fahrer zunächst nicht zu den wichtigsten Aspekten beim hochautomatisierten Fahren zählt – nur von 16% als wichtig erachtet (Bild 7) und von 34% bei den Bedenken genannt (Bild 9), zeigte sich in den vertiefenden Interviews zum Thema Fahrspaß, dass sich die Nutzer durchaus vorstellen können, wie der Fahrspaß erhöht werden kann (Bild 14).

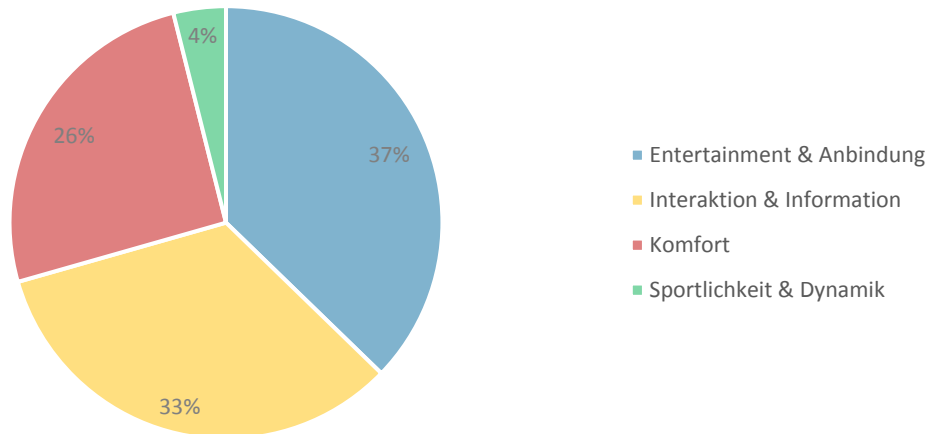


Bild 14: Faktoren, die den Fahrspaß beim automatisierten Fahren steigern würden – halbstrukturierte Interviews, n=20

Es fällt auf, dass vor allem Möglichkeiten zur Unterhaltung und Vernetzung gewünscht werden, so dass die neu gewonnene, freie Zeit entweder produktiv oder zur Entspannung genutzt werden kann. Äußerten sich die Teilnehmer der online-Befragung eher skeptisch bezüglich Nebentätigkeiten beim automatisierten Fahren, so gaben die Befragten hier bspw. häufig den Wunsch nach einer Internetanbindung, sowie ein TV- und Musikangebot an, wobei sich der Widerspruch unter anderem durch die genauere Beschreibung der Szenarien bei den Interviews erklären lässt. Wird diesen Äußerungen jedenfalls Rechnung getragen, entwickelt sich das Fahrzeug zu einem mobilen Wohnzimmer, oder Büro. Ein interessanter Ansatz zeigt sich in der zweiten Kategorie: Viele Befragte wünschen sich eine intensive Interaktion mit dem Fahrzeug und Feedback. Das Fahrzeug solle nicht anonym fahren, sondern den Fahrer über momentanen Zustand, Entscheidungsfindung und -ausführung informieren. Dies betrifft zum einen das Fahrzeug selbst, in dem der Fahrer dann zwar nicht mehr aktiv in die Fahrzeugführung eingebunden ist, aber die automatisierten Prozesse des Fahrzeugs dennoch nachvollziehen kann. Zum anderen betrifft es Informationen zur Interaktion des Fahrzeugs mit anderen Verkehrsteilnehmern und der Umgebung. Viele Befragte geben an, dass dies neben dem Spaß an der neuen Technik auch das Vertrauen ihr gegenüber und das Sicherheitsgefühl positiv beeinflussen und damit letztlich die Akzeptanz für die Technik erhöhen würde. Dies spiegelt auch die in der online-Befragung erfassten Bedenken gegenüber dem hochautomatisierten Fahren wieder. Hier wird von 64% das Gefühl des Kontrollverlustes angegeben.

4. DATENSCHUTZ

In der in Kapitel 2 berichteten Umfrage gaben die Befragten nur geringe Datenschutzbedenken im automatisierten Fahrzeug an. Dies steht jedoch im Kontrast zu einer kritischen fahrzeugbezogenen Datenschutzdiskussion in der Fachliteratur (z. Bsp. Tene & Polonetsky, 2013; Rouf et al., 2010). Die Hochautomatisierung des Fahrzeugs impliziert mehr als den Hinzugewinn neuer Handlungsmöglichkeiten während der Fahrt und die Erhöhung der Verkehrssicherheit. Das hochautomatisierte Fahren ist eng verbunden mit der Vernetzung des Fahrzeugs (Schoettle & Sivak, 2014; Swan, 2015). Erst die Verbindung des Fahrzeugs mit dem Internet, die fortlaufende Kommunikation mit anderen Fahrzeugen (car-2-car communication) oder der Infrastruktur (car-2-x communication) ermöglicht die Hochautomatisierung. Haben die Nutzer also tatsächlich keine Datenschutzbedenken oder sind sie sich dem Gefährdungspotential durch diese Vernetzung des automatisierten Fahrzeugs nicht bewusst? Um genauer zu beleuchten, welche Einstellung die Nutzer gegenüber der Vernetzung und dem Datenschutz im Automobil haben, wenn sie konkret auf den Datenschutz angesprochen werden, wurde daher im Frühjahr 2016 im Zuge einer Online-Befragung quantitative Aussagen über die Einstellungen von 101 Autofahrern zum Thema Datenschutz im vernetzten Fahrzeug erfasst.

In einem vernetzten Auto fallen bereits heute eine Vielzahl von Daten an, die aus dem Auto an dritte Stellen kommuniziert werden können (Gyimesi et al., 2010). Dabei hat nicht jedes Datum die gleiche Datenschutzsensitivität. Diesem Zustand Rechnung tragend hat der Verband der Automobilindustrie (VDA) eine Taxonomie der im Auto erfassbaren Daten veröffentlicht (VDA, 2014). Die Taxonomie umfasst sechs grobe Datenkategorien (z. Bsp. „Im Fahrzeug erzeugte, dem Fahrer angezeigte Kfz-Betriebswerte“; „Kundeneigene / eingebrachte Daten“), die sich in konkrete Datenklassen gliedern (z. Bsp. Ist „Infotainment- und Komforteinstellungen“ eine Datenklasse der Datenkategorie „Kundeneigene / eingebrachte Daten“). Jede Datenklasse wird bezüglich der Datenschutzrelevanz bewertet. Dabei spiegelt die Taxonomie eine Expertenbeurteilung wider, zieht die Bewertung der betroffenen Autofahrer jedoch nicht mit ein. Um die Expertensicht um die Nutzerbewertung zu ergänzen, wurden die Teilnehmer der Online-Umfrage gebeten, für mehrere exemplarische Datentypen eine Beurteilung im Sinne der Personenbeziehbarkeit auf einer fünfstufigen Likert-Skala von 1 („stimme zu“) bis 5 („stimme nicht zu“) abzugeben. Bild 6 zeigt die durchschnittliche Bewertung der Personenbeziehbarkeit einzelner Datentypen. Trennt man die Datentypen anhand des Skalenmittels in die Klassen „personenbeziehbar“ ($\bar{X} \leq 3$) und „nicht personenbeziehbar“ ($\bar{X} > 3$), so bewerten die befragten Autofahrer nur die Datentypen Kraftstofffüllstand, Motortemperatur, Außentemperatur und Reifendrucksensoren als nicht personenbeziehbar (1-Stichproben t-Test auf Abweichung von der Skalenmitte, alle $p < 0.05$). Daten, die einen Rückschluss auf das Fahrverhalten zu lassen (z.B. Durchschnittsgeschwindigkeit), Nutzungsdaten (z.B. Sitzeinstellung), Positionsdaten (z.B. Standortdaten) oder physiologische Daten (z.B. Herzschlag) werden als personenbeziehbar betrachtet (alle $p < 0.05$). Vergleicht man die Datenschutzbewertung der einzelnen Datenklassen des VDA mit den hiesigen Datentypen, so lässt sich schließen, dass die Nutzer mit dem Label „nicht personenbeziehbar“ sparsamer umgehen als der VDA. So weist der VDA zum Beispiel der Sitzeinstellung als Beispiel für Infotainment- und Komforteinstellung nur eine geringe Datenschutzrelevanz zu, während die Nutzer die Sitzeinstellung als personenbeziehbar bewerten.

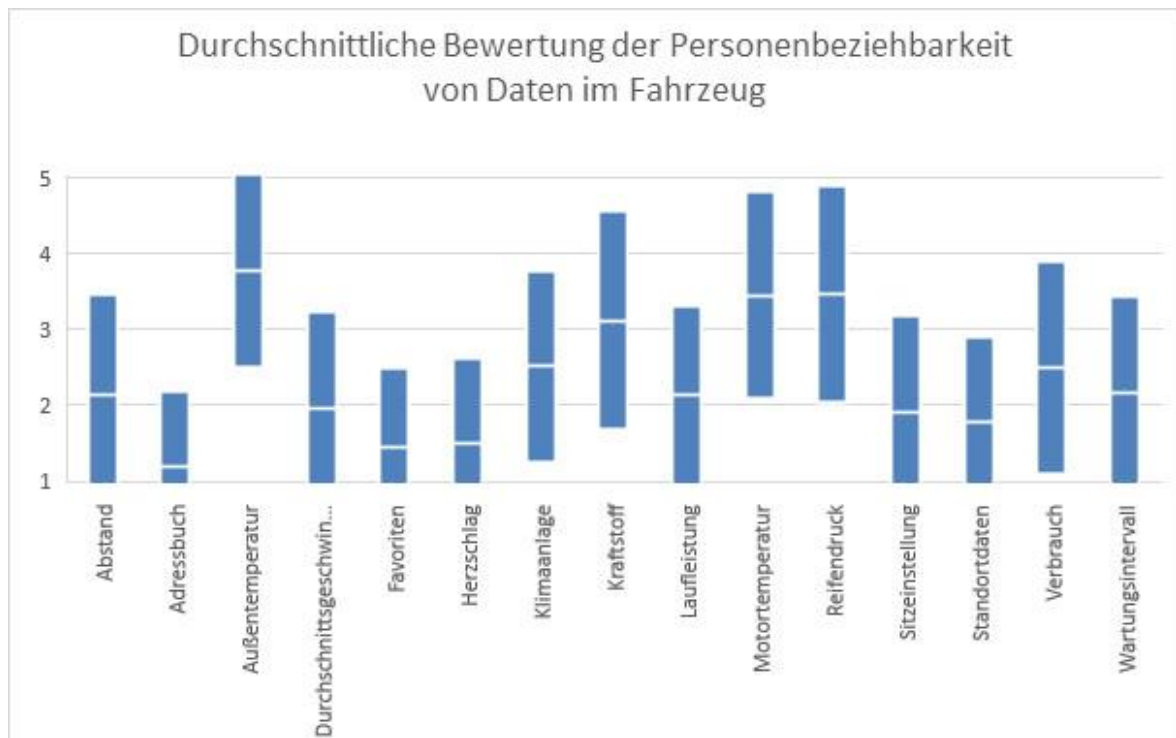


Bild 15: Verteilung der Befragungsergebnisse zur Personenbeziehbarkeit von Daten, Darstellung von Mittelwert und Standardabweichung – Online-Befragung, n=101

Doch der Datentypus scheint nicht die einzige Variable zu sein, die die Bereitschaft zur Datenpreisgabe beeinflusst. Wie eine breit angelegte Umfrage der Federation Internationale de l'Automobile (FIA) nahelegt, sind Nutzer bei der Weitergabe von Daten unabhängig vom Datentyp auch für die Identität des Empfängers sensibel (FIA, 2016). Um die Reichweite dieses Befundes genauer zu beleuchten, ließen wir die Teilnehmer das Vertrauen in verschiedene datenempfangende und -verarbeitende Instanzen auf einer fünfstufigen Likert-Skala von „sehr großes Vertrauen“ (1) bis „gar kein Vertrauen“ (5) bewerten. Dabei zeigte sich ein generelles Misstrauen allen Unternehmen und Dienstleistern gegenüber ($\bar{X} > 3$, alle $p < 0.05$), während nur Rettungskräfte sowie Familienangehörige mit Vertrauen begegnet wurde ($\bar{X} < 3$, alle $p < 0.05$). Bezüglich für die Infrastruktur relevanter Stellen waren die Teilnehmer unentschieden ($\bar{X} = 3$, $t(97) = 0$, $p = 1.000$; siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Kategorisierung der datenempfangenden und -verarbeitenden Stellen entsprechend der Bewertung des mit ihnen assoziierte Vertrauens – Online-Befragung, n=101

Vertrauensvoll ($X \leq 3$)	Unentschieden ($X = 3$)	Nicht-vertrauensvoll ($X > 3$)
Polizei	Verkehrsleitstelle	Hersteller
Rettungsdienst		Werkstatt
Familie		Pannendienst
		Versicherer
		App-Anbieter

Im realen Leben beurteilen wir aber Daten nicht in Isolation bezüglich ihrer Datenschutzkritikalität. Vielmehr sind wir mit komplexen Entscheidungen konfrontiert, in denen sowohl die Kosten als auch der Nutzen eine Rolle spielen. Eine Theorie zur Erklärung von Datenschutzverhalten nimmt an, dass Personen einer datenschutzrelevanten Entscheidung eine Kosten-Nutzen-Abwägung zugrunde legen („privacy calculus“; Laufer & Wolfe, 1977; Dinev & Hart, 2006). Während bereits die Datenkritikalität sowie das Vertrauen in datenempfangende Instanzen erfasst wurde, soll nun in komplexeren Szenarien erfasst werden, ob Personen tatsächlich auch im Kontext des vernetzten Fahrzeugs eine solche Kosten-Nutzenabwägung vornehmen. In Anlehnung an die Szenarien-Technik aus der Usability-Forschung (Rosson & Carroll, 2002) kam ein konkretes Anwendungsszenario von Online-Mehrwertdiensten im vernetzten Fahrzeug zur Anwendung. Durch den Einsatz eines eindeutigen Szenarios sollten Kosten (Datenpreisgabe) und Nutzen (Mehrwert einer Applikation, Zeitersparnis etc.) skizziert und somit eine Abwägung ermöglicht werden.

In dem Szenario wurde eine Urlaubsreise als häufiger Anwendungsfall von Navigationslösungen unter Verwendung von online-basierten Echtzeit-Verkehrsinformationen gewählt. Dabei wird der Standort des Nutzers für verschiedene Zwecke preisgegeben. Während mit dem Standort ein sensibles Datum (siehe Bild 15, aber auch VDA, 2014) konstant gehalten wird, wird der Nutzen variiert. Die Teilnehmer wurden wiederum gebeten ihre Bereitschaft zur Preisgabe ihres Standorts auf einer fünfstufigen Likert-Skala von „stimme sehr zu“ (1) bis „stimme gar nicht zu“ (5) anzugeben. Nutzer sind mit der Preisgabe ihres Standortes dann einverstanden, wenn sie dadurch einen unmittelbaren Vorteil haben und der Zweck der Weitergabe klar ist. Erhalten Nutzer einen routen-, zeit- oder sicherheitsbezogenen Mehrwert im Sinne einer genauen Routeninformation in Echtzeit ($\bar{X} = 1,74$, $\sigma = 1,3$), verkehrsrelevante Zusatzinfos zur Route ($\bar{X} = 1,73$, $\sigma = 1,06$) oder eines automatischen Notrufs im Schadensfall ($\bar{X} = 1,56$, $\sigma = 0,98$), so sind sie zur Preisgabe Ihres Standorts bereits (alle $p < 0.05$). Wird jedoch kein konkreter Zweck ($\bar{X} = 4,29$, $\sigma = 1,04$) angegeben, sind die Teilnehmer nicht bereit ihre Daten zu teilen ($t(100) = 12,41$, $p < 0.001$). Im Falle einer automatischen Vorabbuchung eines Hotels am Reiseziel sind die Teilnehmer unentschlossen ($\bar{X} = 3,24$, $\sigma = 1,42$, $t(100) = 1,68$, $p > 0.05$).

Mit dem hiesigen genaueren Blick auf den Datenschutz zeigt sich, dass die Nutzer sehr wohl Datenschutzbedenken hegen – wenn sie sich den Gefahren bewusstwerden. Die Diskrepanz zwischen einer geringen Gewichtung der Datenschutzbedenken bei einer abstrakten, allgemein gehaltenen Befragung und einer fokussierten Betrachtung der Datenschutzeinstellungen im Automobilkontext deutet darauf hin, dass es sich bei der Vernetzung des automatisierten Fahrzeugs um ein „verstecktes Internet“ handelt (Karaboga et al., 2015). Ebenso wie in der Umfrage der FIA ist sich der Großteil der Nutzer nicht über die Vernetzung des automatisierten Fahrzeugs und den daraus resultierenden Datenschutzproblemen bewusst (Deloitte, 2015; FIA, 2016). Werden die Nutzer zum Beispiel durch eine konkrete Befragung auf die Preisgabe von Daten im Fahrzeugkontext angesprochen, so zeigen die Ergebnisse der Online-Umfrage zum Datenschutz im vernetzten Fahrzeug differenzierte Datenschutzbedenken auf. Nicht nur die Datentypen, sondern auch die Identität der Datenempfänger sind für die Nutzer relevant. Doch die Ergebnisse zeigen auch auf, dass die insbesondere kritisch betrachteten Unternehmen und Servicedienstleister durch eine transparente Kommunikation des Erhebungszwecks die Bedenken beseitigen und Vertrauen schaffen können.

5. FAZIT

Die Überprüfung der online-Befragung zum hochautomatisierten Fahren zugrundeliegenden Arbeitshypothesen hat gezeigt, dass das Vertrauen der Befragten in das hochautomatisierte Fahrsystem zu einer stärkeren Wahrnehmung der wahrgenommenen Systemeigenschaften führt und somit einen signifikanten positiven Effekt auf die Nutzungsintention besitzt. Eine Erhöhung des Vertrauens der Fahrer in ein hochautomatisiertes Fahrzeug steigert somit auch deren Nutzungsabsicht. Dementsprechend ist es wichtig, hochautomatisierte Fahrsysteme so zu gestalten, dass sie das Vertrauen des Fahrers in diese unterstützen bzw. erhöhen. Verbene et al. (2012) konnten für ACC-Systeme zeigen, dass durch die Übereinstimmung zwischen den Fahrzielen des Fahrers und denen des Systems sowie durch eine geeignete Gestaltung von Informationen zu den vom System geplanten und ausgeführten Handlungen Vertrauen und Akzeptanz der Nutzer gesteigert werden konnte. In die gleiche Richtung weisen auch die Ergebnisse aus den Interviews zum Fahrspaß beim automatisierten Fahren. Die Befragten wünschten, dass das Fahrzeug sie über den aktuellen Zustand sowie zu Interaktionen mit anderen Verkehrsteilnehmern informiert, da dies zur Vertrauensbildung und damit auch zur Akzeptanz beitragen würde. Ebenso nimmt die Transparenz auch, und womöglich besonders bei dem Datenschutz eine prominente Rolle ein. Im Einklang mit den Ergebnissen der FIA (2016) konnte durch die Befragungen des IAD gezeigt werden, dass nicht nur verschiedene Datentypen über die Bereitschaft zur Datenpreisgabe entscheiden, sondern auch die transparente Kommunikation der Datenverarbeitung. Die Nutzer scheinen einer Kosten-Nutzen-Abwägung zu folgen, die bei einer intransparenten Kommunikation des Verarbeitungszwecks und der verarbeitenden Stellen eher in einem Nutzungsverzicht und somit einer Ablehnung endet.

Auch die von den Befragten ausgewählten Bedenken lassen den Schluss zu, dass aus ergonomischer Sicht zur Erhöhung der Akzeptanz hochautomatisierter Fahrzeuge vor allem noch die Themen Kontrollverlust, Fahrspaß und Datenschutz weiter in den Fokus der Forschungsarbeiten rücken müssen. Während der Fokus beim automatisierten Fahren bisher vor allem auf dem Thema Sicherheit liegt, ist es nun Aufgabe, das Vertrauen der Fahrer in hochautomatisierte Systeme durch die Gestaltung der Schnittstellen zwischen Fahrer und Fahrzeug zu erhöhen. Prominente Themen dabei sind die Transparenz für den Fahrer sowie die Möglichkeit, das automatisierte System überstimmen zu können und durch eine gute Schnittstellengestaltung das Gefühl des Kontrollverlustes zu minimieren. Auch das Thema Datenschutz beim automatisierten Fahren wird nach und nach stärker in gesellschaftliche Diskussion einfließen und bei einer intransparenten Ausgestaltung möglicherweise die Akzeptanz solcher Systeme reduzieren.

Abschließend sollte noch die Verwendung von Befragungen, insbesondere online-Umfragen kritisch betrachtet werden, die für die Gewinnung der diesem Beitrag zugrundeliegenden Ergebnisse verwendet wurden. Ohne (hoch-)automatisiertes Fahren erlebt zu haben, ist es immer schwierig, sich das automatisierte Fahren vorzustellen, die mögliche Aufgabenteilung Fahrer-Fahrzeug tatsächlich zu verstehen und das damit verbundene Fahrgefühl zu beurteilen. Die ausführliche Erklärung in Form von Texten, Bildern und Szenarien sollte in den hier durchgeführten Befragungen dazu beitragen, das bestmögliche Verständnis der Befragten zu erreichen. Das hier gewählte Vorgehen stellt zwar eine etablierte Erhebungsmethodik in (Technik-)Akzeptanzstudien dar (z. Bsp. Venkatesh et al., 2003; Chen & Chen, 2009),

doch sie ist nicht alternativlos. Eine weitere Möglichkeit, hochautomatisiertes Fahren zu analysieren, ist die Verwendung von Fahrsimulatoren, die gut geeignet sind, um bestimmte Szenarien der Mensch-Maschine-Interaktion zu analysieren. Die Beurteilung von Akzeptanz und Nutzungsintention, Fahrspaß und Datenschutz stößt dabei jedoch auch an ihre Grenzen.

LITERATUR

- Ajzen, I. (1991).** The Theory of Planned Behaviour. *Organizational Behaviour And Human Decision Processes*, 50, 179-211.
- Ajzen, I. (2002, revidiert 2006).** *Constructing a TpB Questionnaire: Conceptual and Methodological Considerations*. Abgerufen am 20.09.2015 von <http://www.unibielefeld.de/ikg/zick/ajzen%20construction%20a%20tpb%20questionnaire.pdf>
- Arndt, S. (2011).** *Evaluierung der Akzeptanz von Fahrerassistenzsystemen*. VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Chen, H. H., & Chen, S. C. (2008).** The empirical study of automotive telematics acceptance in Taiwan: comparing three Technology Acceptance Models. *International Journal of Mobile Communications*, 7(1), 50-65.
- Csikszentmihalyi, M. (1985).** *Das Flow-Erlebnis. Jenseits von Angst und Langeweile; im Tun aufgehen*. Stuttgart: Klett-Cotta (Konzepte der Humanwissenschaften).
- Davis, F. D. (1985).** *A Technology Acceptance Model for Empirically Testing New End-User Information Systems* (Ph.D. Thesis). Massachusetts Institute of Technology.
- Davis, F. D., Bagozzi, R. P., Warshaw, P. R. (1989).** *User Acceptance of Computer Technology: A Comparison of Two Theoretical Models*. *Management Science*, Vol. 35, No. 8, 982-1003.
- Deml, B. (2016).** *Fragebogen zur Messung von Vertrauen eines Nutzers in ein automatisiertes System*. Abgerufen am 20.09.2016 von https://www.ifab.kit.edu/img/content/Fragebogen_Vertrauen_in_automatisierte_Systeme.pdf
- Dinev, T., & Hart, P. (2006).** An extended privacy calculus model for e-commerce transactions. *Information Systems Research*, 17(1), 61-80.
- Doll, N., & Maaß, S. (2015).** Deutschland will Nummer 1 bei „Geisterautos“ werden. *Die Welt*. Abgerufen am 21.02.2017 unter <https://www.welt.de/wirtschaft/article139930665/Deutschland-will-Nummer-1-bei-Geisterautos-werden.html>.
- Eimler, S., Geisler, S. (2015).** Zur Akzeptanz Autonomen Fahrens – Eine A-Priori Studie. *Mensch und Computer 2015 Workshopband*, Weisbecker, A., Burmester, M., Schmidt, A. (Hrsg.). Stuttgart: Oldenbourg Wissenschaftsverlag, 2015. 533-540.

- Elkhalili, O., Schrey, O. M., Ulfing, W., Brockherde, W., Hosticka, B. J., Mengel, P., & Listl, L. (2006).** A 64x 8 pixel 3-D CMOS time of flight image sensor for car safety applications. In *Solid-State Circuits Conference, 2006. ESSCIRC 2006. Proceedings of the 32nd European* (pp. 568-571). IEEE.
- Engelbrecht, A. (2013).** *Fahrkomfort und Fahrspaß bei Einsatz von Fahrerassistenzsystemen*. Dissertation an der Humboldt Universität zu Berlin, Berlin. Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät II.
- Federation Internationale de l'Automobile. (2016).** *What Europeans Think About Connected Cars*. #mycarmydata, Brüssel.
- Fuller, R. (2005).** Towards a general theory of driver behaviour. In: *Accident; analysis and prevention* 37 (3), S. 461–472.
- Gasser, T. M., Arzt, C., Ayoubi, M., Bartels, A., Bürkle, L., Eier, J., Flemisch, F., Häcker, D., Hesse, T., Huber, W., Lotz, C., Maurer, M., Ruth-Schumacher, S., Schwarz, J., Vogt, W. (2012).** Rechtsfolgen zunehmender Fahrzeugautomatisierung. *Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen. Heft F 83, 2012*
- Gyimesi, K., Schumacher, S., Diehlmann, J. & Tellouck-Canel, S. (IBM Global Business Services, Hrsg.). (2010).** *Advancing mobility. The new frontier of smarter transportation*. IBM Institute for Business Value.
- Hassenzahl, M.; Platz, A.; Burmester, M.; Lehner, K. (2000).** Hedonic and ergonomic quality aspects determine a software's appeal. In: *CHI Letters* 2 (1), S. 201–208.
- Heckhausen, H. (1989).** *Motivation und Handeln. Mit 52 Tabellen. 2., völlig überarbeitete und ergänzte Auflage*. Berlin: Springer (Springer-Lehrbuch).
- Invensity (2016).** *Umfrage: Fahrspaß statt selbstfahrende Autos*. Abgerufen am 21.02.2017 unter <https://www.invensity.com/index.php/public-relations-1139/items/umfrage-fahrspass-statt-selbstfahrende-autos-460.html?language=en>.
- Jamson H, Merat N, Carsten O, Lai F (2011).** *Fully-automated driving: The road to future vehicles*. Leeds.
- Johns, J. L. (1996).** A concept analysis of trust. *Journal of Advanced Nursing*, 24(1), 76-83.
- Kano, N.; Seraku, N.; Takahashi, F.; Tsuji, S. (1984).** Attractive Quality and Must-Be Quality. *Journal of the Japanese Society for Quality Control*. 14 (2), S. 147–156.
- Karaboga, M.; Matzner, T.; Morlok, T.; Pittroff, F.; Nebel, M.; Ochs, C.; von Pape, T.; Pörschke, J. V.; Schütz, P.; Simo Fhom, H. (2015).** *White Paper Das Versteckte Internet: Zu Hause – Im Auto – Am Körper (Forum Privatheit und selbstbestimmtes Leben in der digitalen Welt, Bd. 2., hrsg. von Zoche, P.; Ammicht Quinn, R.; Hansen, M.; Heesen, J.; Hess, T.; Lamla, J.; Matt, C.; Roßnagel, A.; Trepte, S.; Waidner, M.)* 1. Auflage Juli 2015.

- Kauer, M., Schreiber, M., Bruder, R., Hakuli, S. (2010).** *Akzeptanz manöverbasierter Fahrzeugführungskonzepte am Beispiel von Conduct-by-Wire*. VDI-Berichte Nr. 2099, 2010.
- Kent, J. L. (2015).** Still feeling the car—The role of comfort in sustaining private car use. *Mobilities*, 10(5), 726-747.
- Kyriakidis, M., Happee, R., de Winter, J.C.F. (2015).** Public opinion on automated driving: Results of an international questionnaire among 5000 respondents. *Transportation Research Part F* 32, Elsevier, 127-140.
- Laufer, R. S., & Wolfe, M. (1977).** Privacy as a concept and a social issue: A multidimensional developmental theory. *Journal of social Issues*, 33(3), 22-42.
- McCall, J. C., & Trivedi, M. M. (2007).** Driver behavior and situation aware brake assistance for intelligent vehicles. *PROCEEDINGS-IEEE*, 95(2), 374.
- Naujoks F, Neukum A (2016).** *Welche Aspekte fahrfremder Tätigkeiten schränken die Übernahmefähigkeit beim hochautomatisierten Fahren ein?* In: VDI (Hrsg.) Fahrerassistenz und automatisiertes Fahren: VDI-Verlag, Düsseldorf.
- Ozguner, U., Stiller, C., & Redmill, K. (2007).** Systems for safety and autonomous behavior in cars: The DARPA Grand Challenge experience. *Proceedings of the IEEE*, 95(2), 397-412.
- Rheinberg, F. (1989).** *Zweck und Tätigkeit. Motivationspsychologische Analysen zur Handlungsveranlassung*. Göttingen: Verl. für Psychologie Hogrefe (Motivationsforschung, 11).
- Rosson, M. B., & Carroll, J. M. (2002).** *Usability engineering: scenario-based development of human-computer interaction*. San Diego: Academic Press.
- Rouf, I., Miller, R., Mustafaa, H., Taylora, T., Oh, S., Xua, W., Gruteserb, M., Trappeb, W., & Seskarb, I. (2010).** Security and privacy vulnerabilities of in-car wireless networks: A tire pressure monitoring system case study. *In 19th USENIX Security Symposium*, Washington DC (pp. 11-13).
- SAE International (2014).** *Automated Driving – Levels of Driving Automation are Defined in SAE International Standard J3016*. Abgerufen am 07.11.2016 von http://www.sae.org/misc/pdfs/automated_driving.pdf
- Schoettle, B., & Sivak, M. (2014).** A Survey of Public Opinion about Connected Vehicles in the US, the UK, and Australia. *In 2014 International Conference on Connected Vehicles and Expo (ICCVE)* (pp. 687-692). IEEE.
- Sheller, M., & Urry, J. (2003).** Mobile transformations of public and private life. *Theory, Culture & Society*, 20(3), 107-125.
- Stolte, T., Hosse, R. S., Becker, U., & Maurer, M. (2016).** On Functional Safety of Vehicle Actuation Systems in the Context of Automated Driving. *IFAC-PapersOnLine*, 49(11), 576-581.
- Swan, M. (2015).** Connected car: quantified self becomes quantified car. *Journal of Sensor and Actuator Networks*, 4(1), 2-29.

Tene, O., & Polonetsky, J. (2012). Big data for all: Privacy and user control in the age of analytics. *Nw. J. Tech. & Intell. Prop.*, 11, xxvii.

Tischler, M. A.; Renner, G. (2007). *Ansatz zur Messung von positivem Fahrerleben. Die Messung von Fahrspaß und Ableitungen für die Fahrzeuggestaltung.* In: VDI-Berichte (2015), S. 105–117.

Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., & Davis, F. D. (2003). User acceptance of information technology: Toward a unified view. *MIS quarterly*, 425-478.

Verband der Automobilindustrie e.V. (2014). *Datenschutz-Prinzipien für vernetzte Fahrzeuge.*

Verberne, F. M. F., Harn, J., Midden, Cees J. H. (2012). Trust in Smart Systems: Sharing Driving Goals and Giving Information to Increase Trustworthiness and Acceptability of Smart Systems in Cars. *Human Factors*, 54(5), 799-810.

AUTOMATISIERUNG UND ANFORDERUNGEN AN DIE FAHRZEUGGESTALTUNG AUS KUNDENSICHT

Holger Enigk, Christin Kreutzburg-Sütterlin

ZUSAMMENFASSUNG

Autonomes Fahren ist in aller Munde und in der Öffentlichkeit werden schon verschiedenste Markteinführungsszenarien diskutiert. Wie aber denken potentielle Nutzer über das Thema autonomes Fahren? Welche Erwartungen und Anforderungen an Technologie, Mobilität und Fahrzeuggestaltung haben die Autofahrer bezüglich der Zukunft? Wie wird autonomes Fahren als Fahrerlebnis empfunden und wie werden autonome Fahrzeugkonzepte bewertet?

In dem ersten Teil des Vortrages werden die Erwartungen von Kunden an zukünftige Technologien, Mobilitätsszenarien und Fahrzeuge mit Zielhorizont 2030 dargestellt.

Inwiefern sich Erwartungen der Kunden mit der Bewertung von autonomen Fahren bzw. autonomen Fahrzeugkonzepten deckt, wird Bestandteil des zweiten Teils des Vortrags sein, in dem Ergebnisse verschiedener Kundenstudien referiert werden. So wurde beispielsweise ein komplexer Versuch mit 100 Autofahrerinnen und Autofahrern im Fahrsimulator der Daimler AG durchgeführt. Unter Verwendung der am Massachusetts Institute of Technology entwickelten Methode Information Acceleration (Urban & Weinberg, 1997) war es möglich, Konsumenten möglichst anschaulich in die Zukunft zu versetzen, um somit die Akzeptanz eines innovativen Produktes, hier autonomes Fahren, zu messen.

Ein weiterer Einblick in die Zukunfts- und Nutzerperspektive wird durch die Vorstellung einer international angelegten Akzeptanzstudie zum autonom fahrenden Forschungsfahrzeug F 015 Luxury in Motion gegeben. Erwartungen und Wünsche aus Kundensicht werden ebenso wie regionale Unterschiede thematisiert.

Den Abschluss des Vortrages bildet ein Ausblick darüber, welche Herausforderungen auf dem Weg zum autonomen Fahren zu bewältigen sind.

DAIMLER

Auf dem Weg zum autonomen Fahren -
und was potentielle Nutzer davon halten

Dr. Holger Enigk



Einige Argumente für autonomes Fahren...



Sicherheit erhöhen



**Zeit nutzen für
Nebentätigkeiten**



Erhöhung des Komforts



Mobilität für jedermann



Verkehrseffizienz

Der Erfolg des Autonomen Fahrens hängt von vielen Faktoren ab!

Erfolg = f (Technik, Gesellschaftliche Akzeptanz, Gesetzgebung, Infrastruktur, ...)

Daimler

RD/RF Page 4

Der Erfolg des Autonomen Fahrens hängt von vielen Faktoren ab!

Erfolg = f (Technik, Gesellschaftliche Akzeptanz, Gesetzgebung, Infrastruktur, ...)

Was halten potentielle Nutzer und Verkehrsteilnehmer vom Autonomen Fahren?

Daimler

RD/RF Page 5

Methodische Herausforderung

Akzeptanz und Einstellung zum autonomen Fahren hängen stark von Erleben und persönlichen Erfahrungen ab!

- kaum erlebbare Fahrzeuge für Kundenstudien zur Verfügung
- eingeschränkte Testung auf öffentlichen Straßen
- Es ist schwer, sich die Zukunft vorzustellen
- Meinungsbildung erfolgt aus dem Hier-und-Jetzt auf Basis bestehender Erfahrung

Die gängigen methodischen Ansätze haben Grenzen

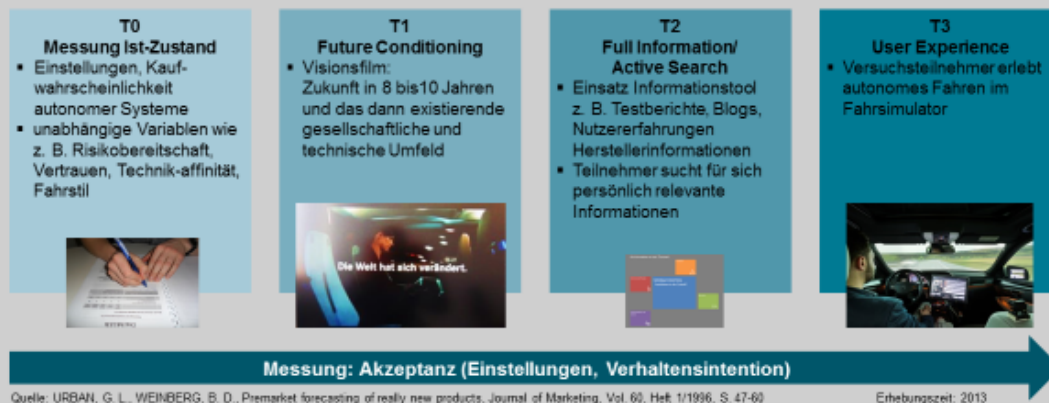
Befragungsmethoden	Fahrsimulation	Fahrversuch mit Versuchsfahrzeugen	Beobachtung und Befragung zur Nutzung verfügbarer Fahrerassistenzsysteme
Vorteil: <ul style="list-style-type: none"> • Einfach umzusetzen 	Vorteil: <ul style="list-style-type: none"> • Fahreindruck in standardisierter Umgebung 	Vorteil: <ul style="list-style-type: none"> • reales Fahrerleben 	Vorteil: <ul style="list-style-type: none"> • Aussagen zur realen Nutzung
Nachteil: <ul style="list-style-type: none"> • kein Fahrerleben • oft keine Beschreibung oder Verständnis der Stufen der Automatisierung 	Nachteil: <ul style="list-style-type: none"> • Fahrerleben eingeschränkt • sicherer Modus in virtueller Realität 	Nachteil: <ul style="list-style-type: none"> • meist interne Testfahrer • keine Aussagen von unerfahrenen Nutzern • Testmodus mit Rückfallebene 	Nachteil: <ul style="list-style-type: none"> • kein autonomes Fahren • nur aktueller Stand der Fahrerassistenzsysteme verfügbar

Methodische Ansätze

- 1 Information Acceleration
- 2 Online-Befragung
- 3 Beobachtung & Befragung von Nutzern DTR+Q
- 4 Look, Touch and Feel des F015

Methode: Information Acceleration

- Information Acceleration (IA) ist eine Methode, um die Akzeptanz eines „wirklich neuen“ Produktes, lange bevor das Produkt auf dem Markt ist, zu messen.
- Weg: Simulation eines Kaufentscheidungsprozesses: der Versuchsteilnehmer wird in eine „virtuelle Verkaufsumwelt“ versetzt.



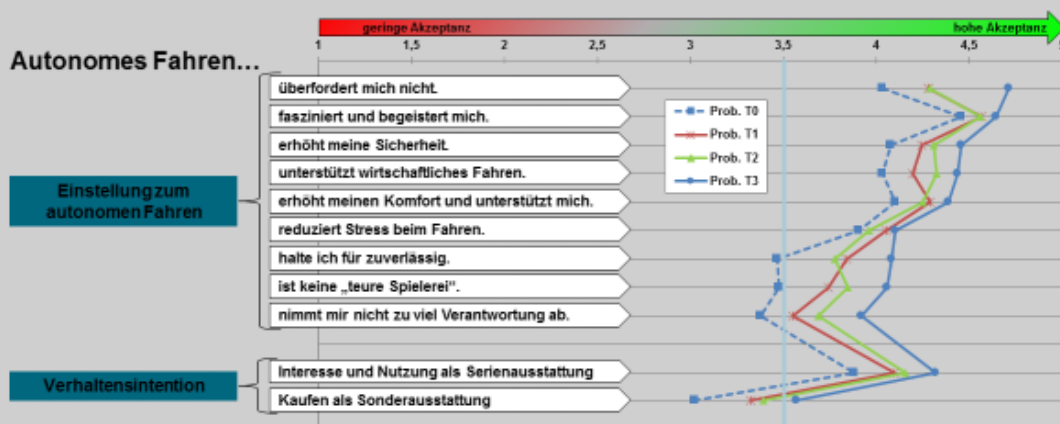


Wie erlebten ca. 100 Nutzer „autonomes Fahren“ ?

Daimler

RD/RIF Page 11

Akzeptanzerhöhung durch Erleben



- Das Erleben (T3) bringt bzgl. aller Dimensionen einen signifikanten Akzeptanzanstieg.
- Gerade die Befürchtungen wie Überfrachtung, Verantwortungsabnahme, Überforderung sowie Störanfälligkeit konnten durch die Fahr Simulatorfahrt sehr reduziert werden.
- Kaufabsicht stieg in den höheren Akzeptanzbereich!

Nutzergruppen für autonomes Fahren

Die Fans (= 50%)

- **sehr hohes Interesse**
- **hohe Kaufbereitschaft als Sonderausstattung**
- **eher jünger, eher Männer, mehr km/Jahr, mehr Autobahn**
- **technik- und innovationsaffin**



Die Interessierten (= 31%)

- **hohes Interesse**
- **mittlere Kaufbereitschaft als Sonderausstattung**
- **weniger km/Jahr**
- **mehr Stadtverkehr/Landstraße**

Die Uninteressierten (= 19%)

- **mittleres Interesse**
- **geringe Kaufbereitschaft als Sonderausstattung**
- **wollen selbst (sportlich) fahren**
- **Autonom Fahren „will ich nicht“**

Kernaussagen Akzeptanz autonomes Fahren

- Die **Akzeptanz des „autonomen Fahrens“** ist bereits eingangs recht hoch und **steigt mit zunehmendem Wissen und Erfahrung**.
- Der **stärkste Vorteil aus Kundensicht: Entlastungskomfort** sowie Unterstützung in „nervenden“ Situationen (Routinefahrten, Stau, volle Autobahnen mit Geschwindigkeitsbegrenzung).
- **Geringe Geschwindigkeiten werden akzeptiert, wenn intensive Nebenbeschäftigung möglich ist oder äußere Bedingungen** (Verkehrslage, Tempolimits) keine Geschwindigkeitswahl erlauben.
- Versuchsteilnehmer verbinden mit autonomen Fahren auch **wirtschaftliches Fahren** und **ökologisches Handeln**.

Methodische Ansätze

- 1 Information Acceleration
- 2 **Online-Befragung**
- 3 Beobachtung & Befragung von Nutzern DTR+Q
- 4 Look, Touch and Feel des F015

Methode: Online-Befragung in Deutschland und den USA

Vorstellung und Bewertung des Szenarios Hochautomatisiertes Fahren

Im Folgenden wollen wir Ihnen ein System darstellen, das den realistischen, nächsten Schritt in Richtung "Autonomes Fahren" abbildet:
 Autonomes Fahren wird zuerst **nur auf Autobahnen und autobahnähnlichen Strecken** (z. B. Bundesstraße mit getrennten Fahrbahnen) möglich sein. Im Bereich von **0-150 km/h** kann das Fahrzeug autonom fahren und **selbstständig Überholvorgänge** durchführen. Der Fahrer kann während der Fahrt die **Füße von den Pedalen** und die **Hände vom Lenkrad** nehmen und sich **Nebentätigkeiten** widmen, ohne sich vollkommen auf die Fahraufgabe konzentrieren zu müssen. Sollte das System eine Situation erkennen, in der die automatische Fahrt nicht mehr möglich ist, wird der Fahrer per Warnsignal aufgefordert, **innerhalb von wenigen Sekunden** wieder das **Steuer** zu **übernehmen**.



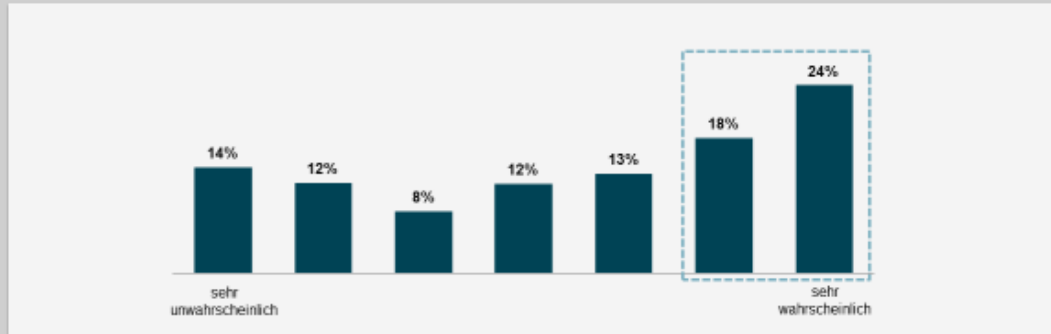
Stichprobe



Bewertung des Szenarios Hochautomatisiertes Fahren (HAF)

- 42% der Teilnehmer zeichnen sich durch eine hohe bzw. sehr hohe Akzeptanz von HAF aus.

Nutzungswahrscheinlichkeit HAF Gesamt



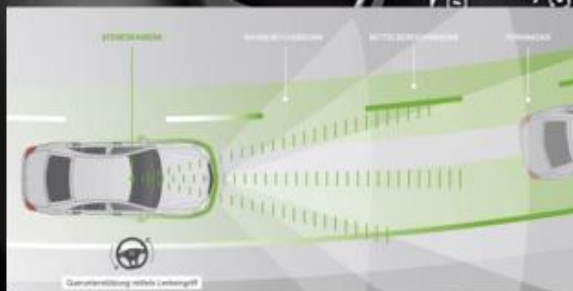
Die Akzeptanz des hochautomatisierten Fahrens hängt ab von: Ergebnis Multiple Regressionsanalyse ($R^2=0,52$)



Methodische Ansätze

- 1 Information Acceleration
- 2 Online-Befragung
- 3 **Beobachtung & Befragung von DTR+Q Nutzern**
- 4 Look, Touch and Feel des F015

DTR+Q = DISTRONIC PLUS mit Lenk-Assistent



- DISTRONIC PLUS ist der Abstandsregeltempomat von Mercedes-Benz und hilft dem Fahrer dabei, den gewünschten Abstand zu einem vorausfahrenden Fahrzeug einzuhalten.
- Der Lenk-Assistent ist eine Ergänzung zum Abstandsregeltempomat DISTRONIC PLUS und unterstützt den Fahrer zusätzlich beim Spurhalten – also der Querführung des Wagens.
- Durch gezielte Lenkeingriffe hält er den Fahrer auf Kurs und verhindert, dass er ungewollt von der Fahrbahn abweicht.

Methode: Beobachtung und Befragung von DTR+Q Nutzern

Vorstellung und Bewertung des Szenarios Hochautomatisiertes Fahren

Im Folgenden wollen wir Ihnen ein System darstellen, das den realistischen, nächsten Schritt in Richtung "Autonomes Fahren" abbildet:
 Autonomes Fahren wird zuerst **nur auf Autobahnen und autobahnähnlichen Strecken** (z.B. Bundesstraße mit getrennten Fahrbahnen) möglich sein. Im Bereich von **0-150 km/h** kann das Fahrzeug autonom fahren und **selbstständig Überholvorgänge** durchführen. Der Fahrer kann während der Fahrt die **Füße von den Pedalen** und die **Hände vom Lenkrad** nehmen und sich **Nebentätigkeiten** widmen, ohne sich vollkommen auf die Fahraufgabe konzentrieren zu müssen. Sollte das System eine Situation erkennen, in der die automatische Fahrt nicht mehr möglich ist, wird der Fahrer per Warnsignal aufgefordert, **innerhalb von wenigen Sekunden** wieder das **Steuer** zu übernehmen.



Stichprobe



N=30

Hypothese

- Early Adopters TAF Δ
- Early Adopters HAF

Weitere Inhalte

- Kaufgründe
- Gewöhnungsdauer an DTR+Q
- Nutzungsverhalten

Erhebungszeit: 2014

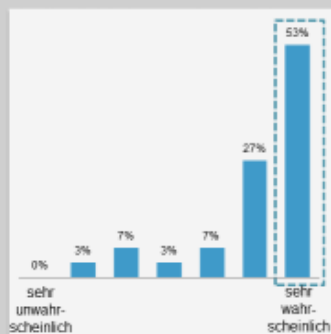
Daimler

RD/RIF Page 21

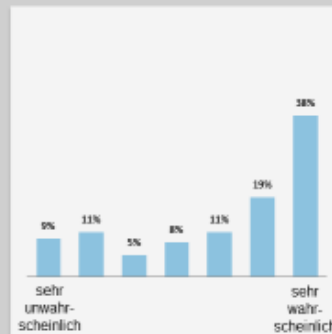
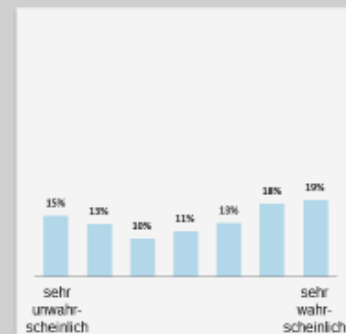
Methode: Beobachtung und Befragung von DTR+Q Nutzern

- "The best predictor of future behavior is ... past behavior" – Mark Twain
- DTR+Q - Erfahrungen und hohe Akzeptanz HAF hängen stark zusammen.

Interview

Nutzungswahrscheinlichkeit HAF
Mit DTR+Q - Erfahrung

Online Befragung

Nutzungswahrscheinlichkeit HAF
Mit DTR - ErfahrungNutzungswahrscheinlichkeit HAF
Ohne DTR - Erfahrung

Daimler

RD/RIF Page 22

The background image shows the interior of a Mercedes-Benz F015 concept car, featuring a steering wheel with the Mercedes logo, a large central display, and orange leather accents.

Ergebnisse: Beobachtung und Befragung von DTR+Q Nutzern

- Kunden von DTR+Q \triangleq Early Adopters für hochautomatisiertes Fahren
 - Sehr hohe Kauf- und Nutzungsbereitschaft
 - Verfügen über technisches Problembewusstsein
- Vertrauen in HAF als Gewöhnungs- und Lernprozess
 - Kunden geben an:
 - dass sie kein blindes Vertrauen haben würden;
 - dass sie sich vorsichtiges an Systemgrenzen herantasten würden

Daimler RD/RIF Page 23

Methodische Ansätze

- 1 Information Acceleration
- 2 Online-Befragung
- 3 Beobachtung & Befragung von Nutzern DTR+Q
- 4 Look, Touch and Feel F015

Daimler RD/RIF Page 24

Methode: Look, Touch and Feel zum F015

Interviews mit Pkw-Fahrern (potentiellen Nutzern) in 3 Ländern

Shanghai (N=30)	San Francisco (N=21)	Stuttgart (N=24)
		
Ø Alter: 33; 60% Kinder im HH (Ø 1,1) 83% M/17% F; 33% MB-Besitzer	Ø Alter: 42; 67% Kinder im HH (Ø 1,9) 73% M/27% F; 52% MB-Besitzer	Ø Alter: 44; 67% Kinder im HH (Ø 1,3) 75% M/25% F; 75% MB-Besitzer

Erhebungszeit: 2015

Daimler

RD/RIF Page 26

Bewertung des Fahrzeugs hinsichtlich...

1. EXTERIEUR	2. INTERIEUR	3. AUTONOMES FAHREN
		
4. GESAMTBEWERTUNG		

Daimler

RD/RIF Page 27

Gesamtwahrnehmung des F 015

Der F 015

wird als futuristisch, modern und innovativ wahrgenommen – unabhängig vom kulturellen Kontext

Hohe Begeisterung

für den F 015 – nur wenige Unterschiede zwischen Deutschland, USA und China

Markteinführung

eines Fahrzeuges wie des F 015 wird in China und den USA früher als 2030 erwartet



Daimler

RD/RIF Page 28

Vertrauen, Sicherheit und Fahrstil

98%

der Teilnehmer hätten Vertrauen zum autonomen Fahrmodus des F 015

74%

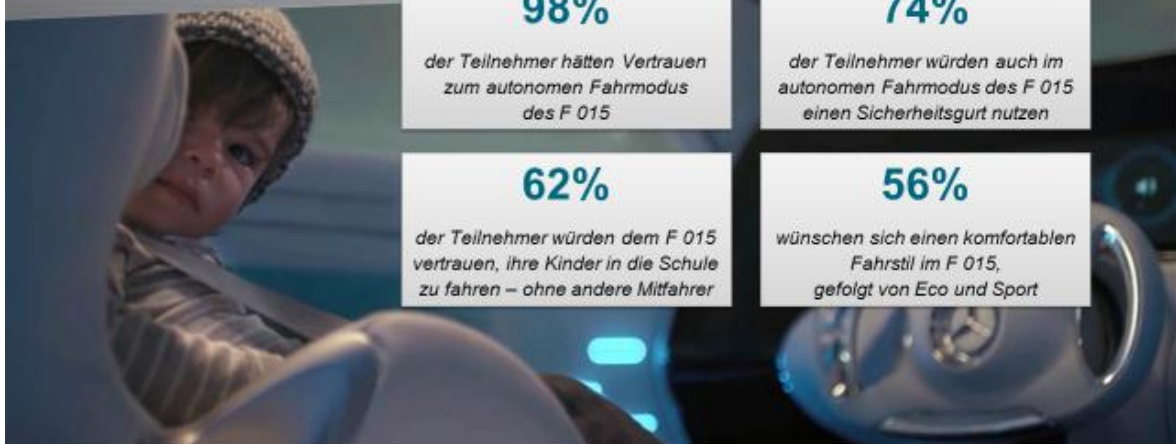
der Teilnehmer würden auch im autonomen Fahrmodus des F 015 einen Sicherheitsgurt nutzen

62%

der Teilnehmer würden dem F 015 vertrauen, ihre Kinder in die Schule zu fahren – ohne andere Mitfahrer

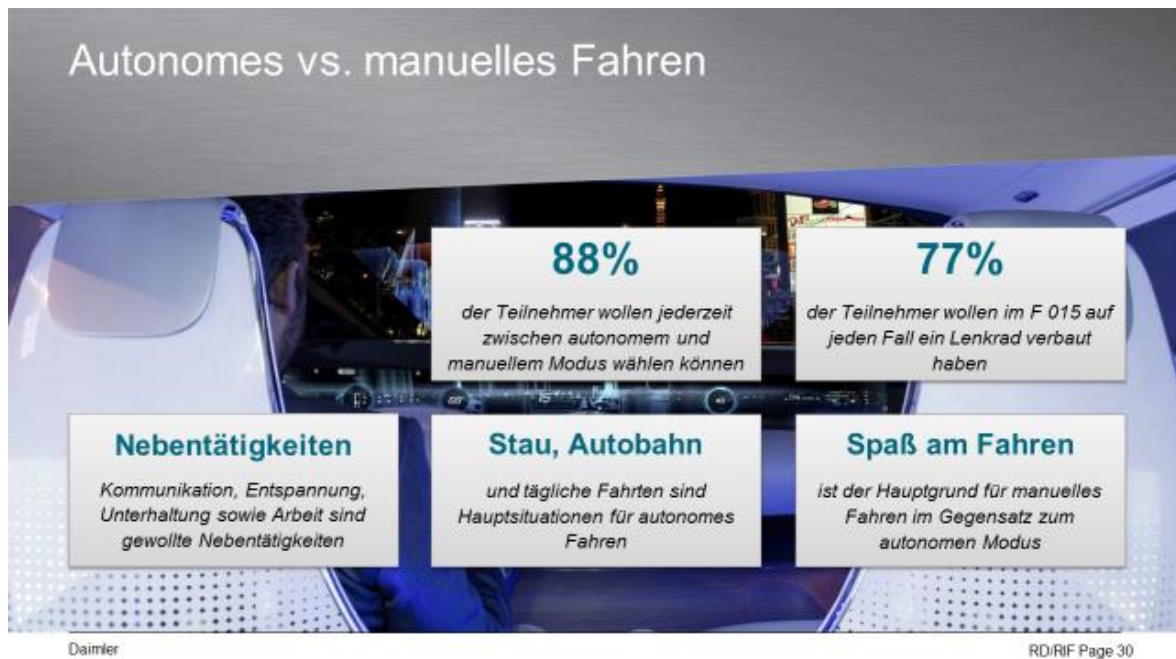
56%

wünschen sich einen komfortablen Fahrstil im F 015, gefolgt von Eco und Sport



Daimler

RD/RIF Page 29



Methodisches Fazit

- Langfristige Zukunftsprognosen sind allgemein schwierig.
Trotzdem müssen Entwicklungsentscheidungen oft frühzeitig unter Unsicherheit getroffen werden.
- Deshalb ist es wichtig, frühzeitig potentielle Nutzer einzubinden!
- Generell ist ein Multi-Method-Approach zu empfehlen.
Ergebnisse ergänzen sich und ergeben sukzessive ein Gesamtbild.
- Perspektivisch sind Fahrversuche und Pilotphasen im öffentlichen Straßenverkehr mit potentiellen Nutzer als Insassen notwendig.





DAIMLER

Vielen Dank für ihre Aufmerksamkeit!

AUTONOMES FAHREN ZWISCHEN NUTZENVERSPRECHEN UND NUTZERERWARTUNGEN

Barbara Lenz

ZUSAMMENFASSUNG

Beim automatisierten Fahren geht es längst nicht mehr um die Frage des „Ob“, vielmehr sind das „Wie“ und „Warum“ in den Vordergrund gerückt – insbesondere, wenn es um die Perspektive der Nutzerinnen und Nutzer, aber auch der Gesellschaft als Ganzes geht. Um von der Sinnhaftigkeit des automatisierten und insbesondere des autonomen Fahrens zu überzeugen, werden gewichtige Vorteile, wie bspw. mehr Sicherheit im Straßenverkehr oder auch die ‚Umwandlung‘ von Mobilitätszeit in Lebenszeit angeführt. Gleichzeitig zeigen Studien, dass für die Nutzer derzeit noch nicht so sehr die möglichen Vorteile auf dem Prüfstand stehen als vielmehr das Vertrauen in die neue Technologie. Von besonderer Bedeutung ist der Kontext: Das Interesse der Nutzer an der Nutzung von Automatisierung gilt vorzugsweise denjenigen Situationen, die im Rahmen der Autonutzung heute als lästig oder mühsam und anstrengend empfunden werden, wie bspw. parken oder auf der Autobahn fahren. Wird das automatisierte Fahrzeug mittels Car- oder Ridesharing als Alternative zum öffentlichen Verkehr gedacht, sind es Aspekte wie Kosten, Fahrzeiten und Wartezeiten, die aus heutiger Sicht der Nutzer relevant für die Nutzungswahrscheinlichkeit von Diensten mit automatisierten Fahrzeugen sind. So ganz allmählich entsteht dabei ein Bild, wohin sich Mobilität und Verkehr im Zeitalter der Automatisierung entwickeln könnten. Allerdings sind es momentan erst einzelne Puzzleteile, die diesem Zukunftsbild anfängliche Konturen verleihen. Gleichwohl wird immer deutlicher, dass die Verwirklichung des automatisierten – und insbesondere des autonomen – Fahrens nur dann für den Einzelnen nutzbringend und die Gesellschaft vorteilhaft werden kann, wenn die Entwicklung eingebettet ist in eine zielgerichtete, im gesellschaftlichen Dialog erörterte Gestaltung von Verkehr und Raum.

1. EINLEITUNG

Beim automatisierten Fahren geht es längst nicht mehr um die Frage des „Ob“, vielmehr sind das „Wie“ und „Warum“ in den Vordergrund gerückt. Damit erfährt die Perspektive der einzelnen Nutzerin und des einzelnen Nutzers, aber auch der Gesellschaft als Ganzes, zunehmende Aufmerksamkeit. Diese Perspektive wird in der nichtwissenschaftlichen Öffentlichkeit oft umschrieben mit dem Begriff „Akzeptanz“, womit in der Regel die letztendliche Durchsetzung der Automatisierungs-Technologie im Sinne einer tatsächlichen, umfassenden Nutzung bezeichnet werden soll. Auslöser für den Bedeutungszuwachs von „Akzeptanz“ ist zum einen die Unsicherheit darüber, ob die Menschen bereit sein werden, ein Fahrzeug zu nutzen, das sich vollständig autonom, d.h. ohne Zutun von Fahrzeuginsassen im Straßenraum bewegt. Unsicherheit besteht aber auch in Bezug auf die Einstellungen der Bevölkerung insgesamt zur Automatisierung des Fahrens, von der im Straßenverkehr nicht nur die Fahrzeugnutzer, sondern auch die übrigen Verkehrsteilnehmer betroffen sein werden. Dieser Unsicherheit wird meist dadurch begegnet, dass im öffentlichen Diskurs sowohl von Seiten der Industrie als auch der Politik die möglichen positiven

Wirkungen des autonomen Fahrens² herausgestellt werden. Dazu gehört an erster Stelle eine deutliche Verbesserung der Sicherheit im Straßenverkehr; dabei handelt es sich um eine Wirkung, die – wenngleich einzelne Personen betroffen sind – doch hauptsächlich als Wirkung auf gesellschaftlicher Ebene zu verstehen ist. Als unmittelbar vom Nutzer, also auf der individuellen Ebene erfahrbare, positive Wirkung wird vor allem die ‚Umwandlung‘ von Mobilitätszeit in Lebenszeit genannt, d.h. die Möglichkeit während des Unterwegsseins andere Aktivitäten auszuüben und sich nicht dem Fahren widmen zu müssen.

Vor diesem Hintergrund verfolgt der Beitrag das Ziel, auf der Grundlage einer empirischen Untersuchung aus dem Jahr 2014 Einstellungen und Erwartungen der potenziellen Nutzerinnen und Nutzer gegenüber autonomen Fahrzeugen zu beleuchten, nicht zuletzt auch im Hinblick auf Aspekte des autonomen Fahrens, bei denen von Nutzerseite Vorteilhaftigkeiten gegenüber den Verkehrsmitteln des heutigen Verkehrssystems wahrgenommen werden.

2. NUTZERORIENTIERTE FORSCHUNG UND FORSCHUNGSBEDARF ZUM THEMA „AUTONOMES FAHREN“

Während sich aus Sicht der technikorientierten Forschung – vor allem der Fahrzeugforschung – der Weg hin zum autonomen Fahren als kontinuierliche Entwicklung darstellt, ist aus sozialwissenschaftlicher Sicht vor allem diejenige Entwicklungsstufe von Bedeutung, bei der für die Nutzerin und den Nutzer, aber ebenso die übrigen Verkehrsteilnehmer ein sichtbarer Unterschied zum herkömmlichen Fahren eintritt. Dieser Punkt ist mit dem „vollautomatischen“ oder auch „autonomen“ Fahren erreicht.

Die besondere Herausforderung für die sozialwissenschaftliche Forschung ergibt sich aus der grundsätzlichen Veränderung der Rolle der Fahrerin oder des Fahrers eines Fahrzeugs, indem über die verschiedenen Automatisierungsstufen hinweg die Aufgabe des aktiven Fahrzeugführens zunehmend überflüssig wird und schließlich ganz entfällt. Hierbei gibt es noch zahlreiche offene Fragen; sie betreffen bspw. die grundsätzliche Bereitschaft der Fahrzeugnutzerinnen und -nutzer, die Fahrzeugführung an den Fahrroboter abzugeben, die Wahrnehmung des Fahrerlebnisses durch die „ehemaligen“ Fahrer, aber auch durch ihre Mitfahrer, die Nutzung und Bewertung der „freien“ Zeit im Fahrzeug oder auch den möglichen Wandel in den Einstellungen zum Auto. Fragestellungen dieser Art fallen in den Bereich der Sozialwissenschaften, die Bedürfnisse, Einstellungen und Handeln von Menschen in unterschiedlichen Lebenskontexten zum Gegenstand haben.

Eng verbunden mit dem Verkehrsverhalten der Menschen sind nachgelagerte Effekte, die sich aus möglichen Verhaltensänderungen ergeben, insbesondere aus

² Unter der Bezeichnung „autonomes Fahren“ wird im vorliegenden Text die Automatisierungsstufe 4 entsprechend der Einteilung der BASt (Gasser et al. 2012) verstanden. Demnach entspricht „autonomes Fahren“ der Stufe 4 „Vollautomatisierung“, bei der [aus technischen Gründen] keine Fahrerin bzw. kein Fahrer im Fahrzeug vorhanden sein muss. Eine Differenzierung zwischen „vollautomatisch mit ‚Fahrer‘“ und „vollautomatisch fahrerlos“ wird in dieser Einteilung nicht vorgenommen.

Veränderungen in der Verkehrsmittelwahl und in der Bewertung der sog. „Reisezeit“. Diese Effekte stellen sich an unterschiedlichen Punkten der Zeitskala ein. Während davon auszugehen ist, dass ein Wechsel der Verkehrsmittelwahl, z.B. vom Öffentlichen Verkehr zum „Gruppentaxi“ mit Tür-zu-Tür-Service, vergleichsweise rasch erfolgen könnte, sind längerfristige Effekte bspw. hinsichtlich der Wohnstandortwahl denkbar: Wenn die Fahrtzeit anderweitig genutzt werden kann oder auch vom Arbeitgeber als Arbeitszeit angerechnet wird, würden längere Wegezeiten in Kauf genommen. Eine mögliche Folge davon könnte sein, dass periphere Wohnstandorte an Attraktivität gewinnen.

Welche Effekte wann eintreten, wird in hohem Maß von Rahmenbedingungen beeinflusst werden, die – anders als die Mobilitätskosten – nur zum Teil einen direkten Verkehrsbezug haben. Als wichtige, nicht unmittelbar verkehrliche Einflussfaktoren können bspw. Wohnstandortkosten, die Situation auf dem Arbeitsmarkt und Arbeitsregelungen oder auch die Verfügbarkeit von Versorgungs- und Betreuungsmöglichkeiten betrachtet werden. Ein wesentlicher Teil dieser Einflussfaktoren wird von der Öffentlichen Hand mitverantwortet, wie etwa Art und Umfang von Abgaben und Steuern in den Bereichen Verkehr und Siedlung; wichtige Einflüsse werden auch von den Unternehmen und deren Standortstrategien ausgehen.

3. WAS WÄRE WENN?

Auf den Menschen ausgerichtete Forschung zum automatisierten Fahren hat sich im deutschsprachigen Raum bislang vor allem auf die Interaktion zwischen Fahrer und Fahrzeug konzentriert; dies bildet ein wichtiges Forschungsfeld innerhalb der Psychologie. Dabei geht es vorrangig um den Fahrer oder die Fahrerin angesichts spezifischer automatisierter „Komponenten“ im Fahrzeug. Welche Aspekte dann zu berücksichtigen sind, wenn Fahrerin oder Fahrer zum Insassen ohne Fahraufgabe in einem autonom fahrenden Fahrzeug geworden sind, rückt erst ganz allmählich auf die Forschungsagenda.

Die Annäherung an die Frage der Akzeptanz des autonomen Fahrens und der möglichen Änderungen im Verkehrsverhalten angesichts der Verfügbarkeit von autonomen Fahrzeugen im Verkehrssystem erfolgt über sozialwissenschaftlich-empirische Analysen, die die Bereitschaft zur Nutzung eines autonomen Fahrzeugs erforschen. Die Abschätzung möglicher Wirkungen, die aus solchen Verhaltensänderungen resultieren würden, erfolgt über Modellbasierte „Experimente“, die auf der Grundlage von Annahmen diese Wirkungen ermitteln.

Eine der wenigen Studien im deutschen Sprachraum, die sich zu einem frühen Zeitpunkt mit der Akzeptanz des autonomen Fahrens auseinandergesetzt hatte, stellte auf der Grundlage eines qualitativen Ansatzes fest, dass sich die Wahrnehmung der potenziellen Nutzerinnen und Nutzer hauptsächlich auf das Fahrzeug selbst richtete. Im Fokus standen die technische Sicherheit des Fahrzeugs und der zu erwartende Komfort, aber auch die Frage der Haftung im Schadensfall (Fraedrich & Lenz, 2015). Gegenüber dem autonomen Auto wurde eine deutliche Skepsis zum Ausdruck gebracht. So sind persönliche Bewertungen, Einstellungen und Erwartungen, die in der Untersuchung von Fraedrich & Lenz (2015) zu Tage treten, mehrheitlich negativ, zu einem nicht unerheblichen Anteil jedoch auch positiver Natur (Tabelle 1).

Tabelle 1: Aussagen zur Einschätzung von autonomem Fahren auf affektiv-subjektiver Ebene (Quelle: verändert nach Fraedrich & Lenz, 2015, S.653)

Bewertungen, Einstellungen, Erwartungen	Anteil der Nennungen
negativ	48 %
davon Misstrauen, Skepsis	76%
Ablehnung	24%
positiv	35 %
davon Optimismus, Vertrauen	55 %
vorstellbar, wünschenswert	35 %
grundsätzliches Interesse	10 %
ambivalent	17 %

Diese Ergebnisse sind ähnlich zu den Aussagen aus internationalen Studien, so bspw. der Untersuchung von Zmud et al. (2015), in der die Zurückhaltung der Befragten gegenüber dem autonomen Fahren ebenfalls vor allem mit dem mangelnden Vertrauen in die Technik begründet wurde.

Zur gleichen Zeit wurden die ersten quantitativen Studien durchgeführt, so bspw. die Continental Mobilitätsstudie im Jahr 2013 oder die vergleichenden Befragungen von Schoettle und Sivak in China, Indien, Japan, den USA, Großbritannien und Australien aus dem Jahr 2014. Ziel dieser Studien war zu ermitteln, mit welcher Wahrscheinlichkeit die Befragten ein autonomes Auto nutzen würden und mit welchen Veränderungen in ihrem Verkehrsverhalten sie selbst rechnen. Darüber hinaus wurde untersucht, mit welchen Aktivitäten die Befragten – aus heutiger Sicht – die neu gewonnene Zeit im autonomen Fahrzeug füllen würden. Dabei zeigte sich über alle Studien hinweg, dass die Befragten zum Zeitpunkt der Befragung kaum von größeren Veränderungen in ihrem Verhalten ausgegangen sind. Dies betrifft sowohl die Verkehrsmittelwahl als auch die alternative Zeitverwendung. Allerdings äußerten 25% der Befragten in der teils qualitativ, teils quantitativ angelegten Untersuchung von Zmud et al. die Auffassung, dass die Verfügbarkeit eines autonomen Autos dazu führen würde, dass sie mehr unterwegs sind, vor allem auf längeren Strecken und zu Freizeitzwecken.

4. NUTZER-ERWARTUNGEN: ZUM DESIGN DER EMPIRISCHEN UNTERSUCHUNG IN DEUTSCHLAND

Ziel der empirischen Untersuchung, aus der im Folgenden Ergebnisse vorgestellt werden, war die Analyse der Akzeptanz von autonomem Fahren im Spiegel von Bewertungen, Einstellungen und Erwartungen (Fraedrich et al., 2016)³. Dabei wurde nicht unterschieden zwischen potenziellen Nutzerinnen und Nutzern von autonomen Fahrzeugen und denjenigen, die durch die Teilnahme am Straßenverkehr von der Nutzung autonomer Fahrzeuge durch andere betroffen sind. Die Netto-Stichprobe umfasste 1.000 Personen, geschichtet nach Geschlecht, Alter, Einkommen und formalem Bildungsstand. Damit entsprach die Stichprobe weitestgehend den

³ Die empirische Erhebung erfolgte im Rahmen des Projektes „Villa Ladenburg“ der Daimler und Benz Stiftung. Zum Projekt siehe <https://www.daimler-benz-stiftung.de/cms/forschung/autonomes-fahren-villa-ladenburg.html>

entsprechenden Anteilen in der deutschen Bevölkerung im Alter von 18 Jahren und älter. Die Repräsentativität der Stichprobe wurde an der nationalen Erhebung „Mobilität in Deutschland“ aus dem Jahr 2008 (MiD 2008) gemessen. In nahezu allen Kennwerten lag die Stichprobe eng oder sehr eng bei den Werten der MiD. Der einzige bemerkenswerte Unterschied bestand hinsichtlich der Haushaltsgrößen: Der Anteil der kleinen Haushalte mit ein oder zwei Personen war deutlich größer als in der MiD-Erhebung.

90% der Befragten besaßen einen Führerschein. Gut die Hälfte der Haushalte besaß ein Auto, gut ein Drittel besaß zwei Autos; 13% der Haushalte waren ohne Auto. Der weit überwiegende Teil der Befragten (78%) war mehrfach pro Woche oder täglich als FahrerIn oder Fahrer mit dem Auto unterwegs; 12% fuhren (fast) nie selbst mit dem Auto.

Teil 1 der Erhebung erfasste neben sozio-demographischen Kennwerten das Verkehrsverhalten der Befragten zum heutigen Zeitpunkt. In Teil 2 wurden die Befragten mittels einer Zufallsauswahl einem von vier Anwendungsfällen zugewiesen. Die Anwendungsfälle waren: „Autobahn-Pilot“, „Park-Pilot“, „Vollautomat“ mit der Möglichkeit der Übernahme der Fahraufgabe durch eine FahrerIn oder einen Fahrer, sowie „Vehicle on Demand“, d.h. Fahrzeug, das ohne Fahrer fährt. Mit diesen Anwendungsfällen wurde dem Umstand Rechnung getragen, dass neben Einstellungen, Wünschen, Erwartungen und Erfahrungen auch dem Kontext ein wesentlicher Einfluss auf Akzeptanz oder Nicht-Akzeptanz – in diesem Fall des autonomen Fahrens – zukommt (vgl. hierzu aus theoretischer Sicht bspw. Lucke, 1995; Malhotra & Galletta, 1999; Venkatesh & Bala, 2008; Vogelsang et al., 2013; aus empirischer Sicht bspw. Woisetschläger, 2015; Zieffle, 2013). Indem den Fragen, mit denen die Akzeptanz ermittelt werden soll, ein inhaltlicher Bezugspunkt zugeordnet wird, erhalten zum einen die Befragten die Möglichkeit, ihre Antworten auf einen „konkreten“ Fall zu beziehen. Zum anderen wird mit dieser Vorgehensweise deutlich, welche unterschiedlichen Ausprägungen und Stärken die Einflussfaktoren auf die Akzeptanz des autonomen Fahrens kontextbedingt aufweisen.

4.1 Nutzererwartungen: Ergebnisse

Eine besondere Herausforderung bei empirischen Untersuchungen zur „Nutzerperspektive“ auf das autonome Fahren, ist – darauf wurde weiter oben bereits hingewiesen – die aktuell fehlende Möglichkeit, ein autonomes Fahrzeug unmittelbar erfahren zu können. Aus diesem Grund wurden die Befragten aufgefordert, zunächst in ihren eigenen Worten „autonomes Fahren“ zu beschreiben. Damit sollte zum einen der „Stand des Wissens“ abgebildet werden; zum anderen entstand aus dieser Vorgehensweise die Möglichkeit, offenkundig oder latent vorhandene Einschätzungen und Bewertungen des autonomen Fahrens zu erfassen. Insgesamt wurden 531 Erläuterungen gegeben, von denen 43% der „offiziellen“ Einteilung nach BAST (2012) in etwa oder genau entsprachen. 25% der Befragten gingen davon aus, dass sie auch weiterhin eine Aufgabe bei der Führung des Fahrzeugs übernehmen müssten. Rund ein Drittel der Erläuterungen blieb ausgesprochen vage.

Darüber hinaus wurden die Befragten aufgefordert, die Eigenschaften des Fahrzeugs in dem jeweiligen Anwendungsfall zu benennen. Im Fall des Vehicle on Demand hatten nur 38% der diesbezüglichen Aussagen eine positive Konnotation; gleichzeitig zeigte sich in einem vergleichsweise hohen Teil der Äußerungen eine

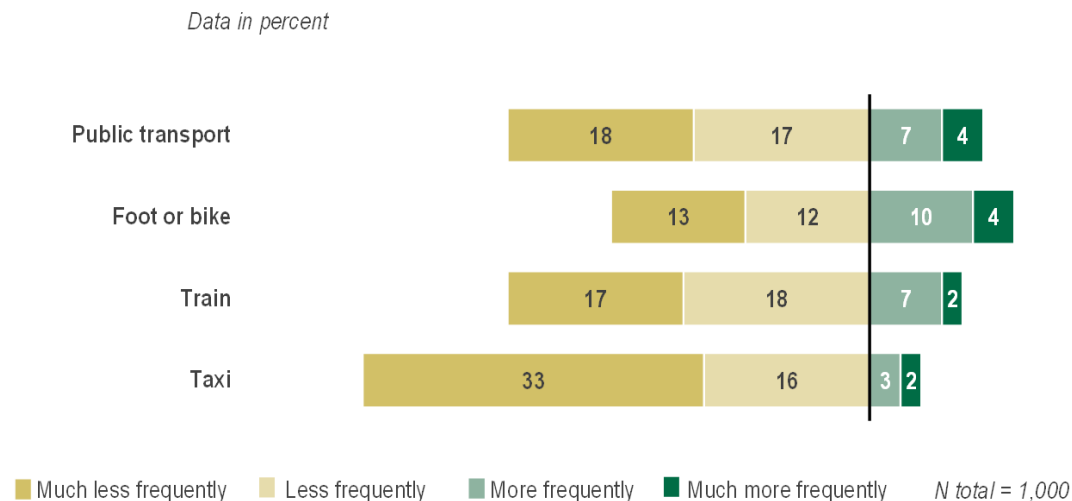


Bild 2: Von den Befragten erwartete Auswirkungen des autonomen Fahrens auf ihre Verkehrsmittelwahl (N = 1.000) (Quelle: Fraedrich et al. 2016, S.62)

Zur Analyse des möglichen Wandels in der Verwendung von Mobilitätszeit wurde zunächst die Zeitverwendung in unterschiedlichen Verkehrsmitteln zum gegenwärtigen Zeitpunkt erhoben. Beim Autofahren ist naturgemäß die wichtigste Tätigkeit das Autofahren selbst. Zwei Drittel der Befragten verbinden das mit Musikhören oder Reden mit Mitfahrenden. Immerhin gut die Hälfte (56%) gab an, der Landschaft und Umgebung während der Fahrt Beachtung zu schenken. Dies ist auch beim Fahren mit Öffentlichen Verkehrsmitteln – ebenso wie das Sich-Unterhalten – eine der meistgenannten Tätigkeiten. Bemerkenswert gering war der Anteil derjenigen, die sich im Öffentlichen Verkehr produktiven Tätigkeiten widmen: 77% der Befragten geben an, nie produktiv tätig zu sein, während sie den ÖPNV nutzen, bei der Nutzung des Zugs, d.h. bei längeren Strecken, treffen 69% die entsprechende Aussage.

Bei der Frage nach der erwarteten Zeitverwendung in autonom fahrenden Fahrzeugen (Vollautomat und Vehicle on Demand) standen „Tätigkeiten“ wie das Betrachten von Landschaft und Umfeld weiterhin an erster Stelle. Wichtig waren nun auch Möglichkeiten, sich auszuruhen oder auch zu schlafen. Interessanterweise ging nur ein vergleichsweise kleiner Teil der Befragten davon aus, die verfügbare Mobilitätszeit künftig zum Internetsurfen, Ansehen von Filmen oder für Social Networking zu nutzen (Abbildung 3). Vielleicht sollte in diesem Zusammenhang die erwartete, aus den heutigen Erfahrungen abgeleitete Dauer der Wege berücksichtigt werden. Wege von 15-20min werden für diese Art von Aktivitäten möglicherweise als zu kurz eingeschätzt. Künftige Erhebungen sollten deswegen noch stärker mögliche Hintergründe der Einschätzung künftiger Zeitverwendung beim autonomen Fahren erfassen. Die geringste Zustimmung als „neue“ Form der Zeitverwendung während des Unterwegsseins erfuhr das Arbeiten. Tatsächlich ist der Anteil in der Bevölkerung, der Mobilitätszeit zum Arbeiten nutzt bzw. künftig nutzen würde, relativ gering.

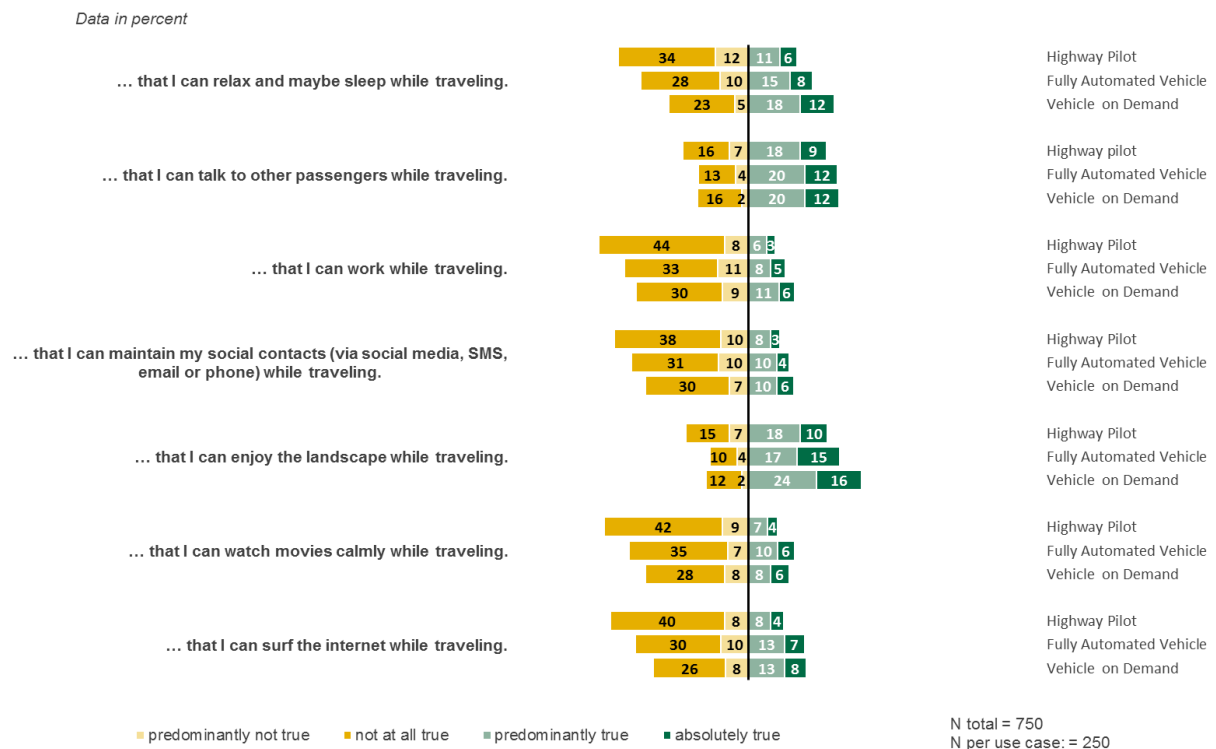


Bild 3: Erwartete Zeitnutzung für die Anwendungsfälle „Autobahn-Pilot“ (N = 250), „Vollautomat“ (N = 250) und „Vehicle on Demand“ (N = 250) (Datenquelle: Fraedrich et al., 2016)

5. FAZIT

So ganz allmählich entsteht ein erstes, wenngleich noch unscharfes Bild, wohin sich Mobilität und Verkehr im Zeitalter der Automatisierung entwickeln könnten. Auch wenn das autonome Fahren für viele Menschen noch in weiter Zukunft liegt, ist eine konkrete Auseinandersetzung damit, was dies für jede und jeden Einzelnen und das Verkehrsverhalten bedeutet, möglich und nützlich. Die Aufgabe der sozialwissenschaftlichen Forschung wird es sein, den Akzeptanzprozess besser zu verstehen und dabei auch die Implikationen des autonomen Fahrens aus individueller und gesellschaftlicher Sicht für die Entwicklung der Mobilität der Zukunft, aber auch für Stadt und Siedlung offenkundig zu machen. Entsprechende Arbeiten sind eine wichtige Grundlage für Untersuchungen im Rahmen der Verkehrsforschung, die mögliche Zukünfte in einem zunehmend automatisierten Verkehrssystem sowie die Bewertung des autonomen Fahrens und seiner Auswirkungen zum Gegenstand haben. Insgesamt wird immer deutlicher, dass die Verwirklichung des automatisierten – und insbesondere des autonomen – Fahrens nur dann für den Einzelnen nutzbringend und die Gesellschaft vorteilhaft werden kann, wenn die Entwicklung eingebettet ist in eine zielgerichtete, im gesellschaftlichen Dialog erörterte Gestaltung von Verkehr und Raum.

LITERATUR

- Continental AG (2013).** *Continental Mobilitätsstudie*. URL: http://www.continental-corporation.com/www/download/pressportal_com_en/general/ov_automated_driving_en/ov_mobility_study_en/download_channel/pres_mobility_study_en.pdf [July 22, 2016].
- Fraedrich, E.; Lenz, B.(2015).** Gesellschaftliche und individuelle Akzeptanz des autonomen Fahrens. In: Maurer, Markus; Gerdes, J. Christian; Lenz, Barbara; Winner, Hermann (Hrsg.): *Autonomes Fahren. Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte*. Berlin, Heidelberg (Springer Open; URL: <http://www.springer.com/de/book/9783662458532>), S.639-660.
- Fraedrich, E.; Cyganski, R.; Wolf, I.; Lenz, B. (2016).** User Perspectives on Autonomous Driving: A Use-Case-Driven Study in Germany. *Arbeitsberichte Geographisches Institut, Heft 187*, Berlin: Humboldt-Universität zu Berlin (URL: https://www.geographie.hu-berlin.de/de/institut/publikationsreihen/arbeitsberichte/download/Arbeitsberichte_Heft_187.pdf)
- Gasser, T. M. (2012).** *Legal consequences of an increase in vehicle automation. Consolidated final report of the project group. Part 1*. BASt – Bundesanstalt für Straßenwesen. (URL: <http://bast.opus.hbz-nrw.de/volltexte/2013/723/>)
- Lucke, D. (1995).** *Akzeptanz: Legitimität in der „Abstimmungsgesellschaft“*. Opladen (Leske + Budrich)
- Malhotra, Y.; Galletta, D. F. (1999).** Extending the technology acceptance model to account for social influence: Theoretical bases and empirical validation. In: *Systems sciences. HICSS-32. Proceedings of the 32nd annual Hawaii international conference on IEEE*, 1999, 14 S.
- Schoettle, B.; Sivak, M. (2014).** *Public opinion about self-driving vehicles in China, India, Japan, the U.S., the U.K., and Australia*. The University of Michigan, Transportation Research Institute, Report No. UMTRI-2014-30.
- Venkatesh, V.; Bala, H. (2008).** Technology Acceptance Model 3 and a Research Agenda on Interventions. *Decision Sciences*, Vol. 39, No. 2, S.273-315.
- Woisetschläger, D. M. (2015).** Marktauswirkungen des automatisierten Fahrens. In: Maurer, Markus; Gerdes, J. Christian; Lenz, Barbara; Winner, Hermann (Hrsg.): *Autonomes Fahren. Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte*. Berlin, Heidelberg (Springer Open; URL: <http://www.springer.com/de/book/9783662458532>), S.709-732.
- Vogelsang, K.; Steinhüser, M.; Hoppe, U. (2013).** Theorieentwicklung in der Akzeptanzforschung: Entwicklung eines Modells auf Basis einer qualitativen Studie. *11th International Conference on Wirtschaftsinformatik*, 27. Februar – 1. März 2013, Leipzig, Germany, S.1425-1439.

- Ziefle, M. (2013).** Ungewissheit und Unsicherheit bei der Einführung neuer Technologien. Nutzungsbarrieren am Beispiel von Medizintechnologien im häuslichen Umfeld. In: S. Jeschke et al. (Hrsg.), *Exploring Uncertainty*. Wiesbaden (Springer Fachmedien), S.83-104.
- Zmud, J., Sener, I.N.; Wagner, J. (2016).** *Consumer Acceptance and Travel Behavior Impacts of Automated Vehicles*. Texas A&M Transportation Institute: PRC 15-4.

AUTOMATISIERTES FAHREN IN EINER URBANEN WELT

Katharina Seifert

ZUSAMMENFASSUNG

Moderne Fahrzeuge bieten bereits heute eine Reihe von Fahrerassistenz-funktionen, die die Fahrzeugführerin entlasten und die Längs- und Querführung sowie Ein- und Ausparkvorgänge teilautomatisiert übernehmen. Bislang lag der Fokus der Entwicklung der Fahrerassistenzsysteme darin, den Fahrer bei Langstreckenfahrten möglichst weitreichend zu entlasten und bis in hohe Geschwindigkeitsbereiche die Funktion sicher zu stellen.

Blickt man auf weltweite Trends fallen zwei davon besonders auf, die in den bisherigen Szenarien für automatisiertes Fahren weniger fokussiert wurden: die Verstädterung und der Wunsch nach bequemer individueller Mobilität in jedem Lebensalter.

Deshalb steht die Automobilindustrie von einem Strategiewechsel zum automatischen Fahren:

1. Fahrerassistenzfunktionen, die speziell im multimodalen Stadtverkehr teil- und später vollautonomes Fahren ermöglichen
2. Das Erleben der Fahrzeugbenutzung für die Insassen so angenehm wie möglich zu machen

Chancen des automatischen Fahrens liegen insbesondere darin, den Verkehrsstrom gleichmäßiger zu gestalten und Fahrmanöver zu reduzieren, die typischerweise zur individuellen Optimierung der Ankunftszeit genutzt werden und das Unfallrisiko erhöhen. Mit zunehmender Automatisierung kann sich der Fahrzeugbenutzer stärker in den Innenraum des Fahrzeugs orientieren und sich mit anderen Inhalten als der Fahraufgabe beschäftigen.

Allerdings sind die technischen Anforderungen an das automatische Fahren immens. Risiken, die beispielsweise in der Sensorverfügbarkeit, Software-Fehlern oder Bandbreite von drahtlosen Verbindungen liegen können, werden im weiteren Forschungs- und Entwicklungsprozess zunehmend kalkulierbarer und zielgerichtet abgestellt. Infrastrukturelle Maßnahmen können die Rahmenbedingungen für die Einführung und den Betrieb automatischer Fahrzeuge weiterhin günstig.

Der Erfolg des automatisierten Fahrens wird darauf fußen, Lösungen zu entwickeln, die der wachsenden Einwohnerzahl aller Generationen in den Metropolen der Welt eine entspannte, umweltverträgliche Individualmobilität ermöglicht.

MODE-CONFUSION UND INKOMPATIBILITÄTEN IN DER MIGRATIONSPHASE DES AUTOMATISIERTEN FAHRENS

Hermann Winner, Nora Leona Merkel

ZUSAMMENFASSUNG

Für die schrittweise Integration hochautomatisierter Fahrzeuge ist es denkbar, Fahrfunktionen höherer Automationsgrade zunächst nur auf Streckenabschnitten geringerer Komplexität, wie z.B. Autobahnen, und/oder reduzierten Einsatzbereichen, wie z.B. mit begrenzter Geschwindigkeit, vorzusehen. Wechselt der Streckenabschnitt oder wird die Einsatzgrenze überschritten, wechselt auch der Automationsgrad. Der Fahrer muss sich daher zu jedem Zeitpunkt über den aktuellen Automationsmodus bewusst sein („Mode-Awareness“). Geht der Fahrer von einem falschen Modus aus („Mode-Confusion“), können kritischen Situationen folgen. Ein bekanntes Beispiel für Mode-Confusion ist die Fahrerannahme, dass sich das eigene Fahrzeug beim Annähern an ein vorausfahrendes Fahrzeug im Modus „ACC“ befindet und die Geschwindigkeit entsprechend regeln wird. Ist zu diesem Zeitpunkt in Wirklichkeit nur der Tempomat-Modus aktiv, der die Geschwindigkeit konstant hält, kann es passieren, dass der Fahrer seinen Fehler zu spät bemerkt und die Zeitlücke zum Vordermann bereits zu klein ist, um ein Auffahren zu verhindern. Daher wird es zu meist vermieden, die Moden „ACC“ und „Tempomat“ alternativ in einem Fahrzeug anzubieten. Um Fahrzeuge mit multiplen Automationsgraden zu ermöglichen, sind geeignete Strategien zu entwickeln, die beim Fahrer durchgängig die Mode-Awareness aufrechterhalten. Insbesondere bei Übergang von einem höher automatisierten Modus zu niedrigeren Stufen muss jederzeit klar sein, welche Aufgaben das Fahrzeug an den Fahrer übergibt.

Eine weitere Herausforderung ergibt sich aus der Vermischung „konventioneller“ Fahrzeuge und automatisierter Fahrzeuge. Hierbei steht die Konformität automatisierter Fahrzeuge zu gesetzlichen Regelungen der Kompatibilität zum „Normalverkehr“ gegenüber. Durch das strikte Einhalten von Verkehrsregeln könnten andere Verkehrsteilnehmer durch automatisierte Fahrzeuge behindert und der Verkehrsfluss gestört werden, wodurch die Akzeptanz automatisierter Fahrzeuge durch nicht oder niedriger automatisierte Verkehrsteilnehmer gefährdet wird. Sind sich die konventionellen Verkehrsteilnehmer über dieses streng an Verkehrsregeln orientierte Verhalten bewusst, könnten sie dieses sogar zu ihrem Vorteil nutzen, nicht unbedingt zur Freude des Nutzers des automatisierten Fahrens, womit auch die Nutzerakzeptanz auf die Probe gestellt wird. Ob Abhilfen durch vom Fahrer betätigte Parameter mit den rechtlichen Randbedingungen vereinbar sind, ist noch ein Diskussionsfeld für die Zukunft.

1. EINLEITUNG

1.1 Rückblick: Funktionsumfang und Einsatzbereich bisheriger Fahrerassistenzsysteme

Seit Ende der neunziger Jahre des letzten Jahrhunderts übernehmen Fahrerassistenzsysteme Fahrmanöverfunktionen. Mit den ersten Ausprägungen der Adaptiven Geschwindigkeitsregelung ACC (ISO 15622) wurden Situationen des Autobahnverkehrs und der Überlandstraßen im gebundenen Verkehr adressiert. Zwar war der Einsatz in der Stadt nicht verboten, sie hatte dort aber bei der Auslegung mit einer unteren Funktionsgrenze (zumeist 30 km/h) wenig Nutzwert. Mit der Weiterentwicklung zum FullSpeedRange-ACC (FSRA ISO 22179) wurde der Einsatzbereich bis zum Stillstand erweitert. Somit waren auch Stausituationen und Folgefahren bei niedrigen Geschwindigkeiten möglich. Auch zu höheren Geschwindigkeiten wurde die Funktionsauslegung mutiger. War die erste Generation noch auf 160 km/h oder 180 km/h beschränkt, sind heute die Grenzen vielfach bei 200 km/h oder sogar in Einzelfällen darüber zu finden^{4,5}. Bei Volumenmodellen mit kostengünstigeren Radarsensoren liegt die Grenze bei 150 km/h oder 160 km/h⁶, bei Fahrzeugen, die die ACC-Funktion ausschließlich über eine Kamera-Sensorik darstellen, liegen die Grenzen noch niedriger⁷.

Parallel zur Längsmanöverunterstützung entwickelte sich die Querführungsunterstützung. Neben den Warnsystemen zur Verhinderung des Fahrstreifenverlassens (Lane Departure Warning, LDW, ISO 17361) wurden permanent agierende Funktionen entwickelt (Lane Keeping Support, LKS, vielfach auch Lane Keeping Assist(ance System), LKAS genannt, ISO 11270), die über eine Lenkradmomentenüberlagerung die Spurhaltung mit noch geringen Lenkkräften unterstützen. Auch hier wurde nicht mit dem vollen Einsatzbereich des Fahrzeugs begonnen. Erst ab einer Mindestgeschwindigkeit, die den Stadtverkehrseinsatz zum Einsatz im Überland- und Autobahnverkehr abgrenzt, stand diese Funktion zu Beginn zur Verfügung.

Als nächste Funktionserweiterung wurde der Stauassistent vorgestellt. Dieser verbindet die Längsführung mit der Querführung in typischen Stausituationen bis etwa 60 km/h. Oberhalb dieser Grenze stehen (zumeist) ACC und LKS zur Verfügung. Manchmal sind diese in der Bedienung (bspw. Aktivierung/Deaktivierung) gekoppelt, manchmal unabhängig. Mit der seit kurzem gebotenen Fähigkeit, Fahrstreifenwechselmanöver durchzuführen, ist die Kopplung zwangsläufig.

Zusammenfassend lässt sich die Entwicklung der Manöver übernehmenden Fahrerassistenzsysteme der letzten beiden Dekaden so beschreiben: Es wurde kontinuierlich sowohl der Automatisierungsgrad als auch der Einsatzbereich ausgeweitet. In einem Diagramm, das beide Aspekte qualitativ darstellt (siehe Bild 1), bewegt sich die „Entwicklungsfreund“ von links unten nach rechts oben. Die Achse Verfügbarkeit fasst eindimensional den Anteil der Fahrzeit (oder alternativ der Fahrstrecke) zusammen, den die Funktionalität eingesetzt werden kann. Der Automatisierungsgrad beschreibt ordinal den Anteil der Automatisierung an der Fahrzeugführung, wobei eine allgemeingültige Zuordnung nicht bekannt ist und jede Einordnung zu

⁴ Porsche Cayenne, VW Passat: **210 km/h** (Porsche AG 2017; Volkswagen AG 2017)

⁵ VW Touareg, Audi A8: **250 km/h** (Volkswagen AG 2017; Audi AG 2017)

⁶ VW Golf, Skoda Superb (ausstattungsbedingt): **160 km/h** (Volkswagen AG 2017; SKODA AUTO a.s. 2017)

⁷ BMW i3, BMW 2er Active Tourer: **140 km/h** (BMW AG 2017 [1], BMW AG 2017 [2])

langen Diskussionen führen wird. Zumindest die Stufeneinordnung gemäß der bekannten Skalen (Gasser et al., 2012; SAE, 2014; VDA, 2015; NTHSA, 2016) muss sich darauf abbilden lassen.

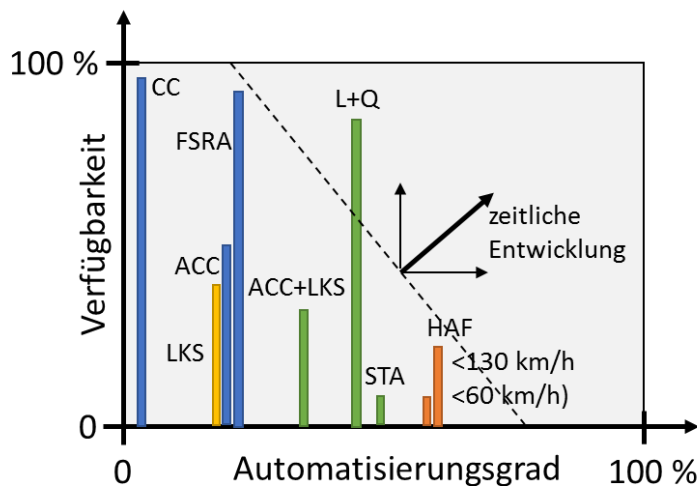


Bild 1: Einordnung bisheriger Systeme der Fahrautomatisierung hinsichtlich Verfügbarkeit und Automatisierungsgrad

1.2 Bisherige Modusvielfalt:

Für den Nutzer⁸ stellte sich der Fortschritt als kontinuierlicher Prozess dar: Mit jedem Neufahrzeug konnte der Käufer (sofern die verfügbaren Optionen gewählt wurden) auf eine Erweiterung des Funktions- und/oder Einsatzspektrums blicken. Zumeist gab es auch nur einen Unterstützungsmodus für den jeweiligen Einsatzbereich, und zwar den mit dem höchsten Automatisierungsgrad. Genauer betrachtet ergaben sich auch Diskontinuitäten und Multimodi. Heute kaum noch diskutiert ist der Übergang vom Fahrgeschwindigkeitsregler (Cruise Control, CC) zu ACC. Mit der Einführung der adaptiven CC wurde die Folgefahrt erstmals automatisiert und somit für dichten Verkehr überhaupt sinnvoll nutzbar. Allerdings war gerade zu Beginn der Geschwindigkeitsbereich von ACC stärker eingeschränkt als der von CC. Partikulär ergab sich somit mit der Einführung von ACC anstatt CC ein Funktionsverlust. Alternativ können beide Funktionen angeboten werden, wodurch sich eine Bimodalität ergibt, dass für die gleiche Funktion (Regelung der Geschwindigkeit unter Freifahrtbedingungen) zwei Funktionsmodi bereitstünden. Da an jede Freifahrt irgendwann mal eine Folgefahrt anschließt, ist der Fahrer gefordert, zu wissen, ob er eingreifen muss (bei CC) oder die Regelreaktion (von ACC) abwarten kann. Aus dem Verhalten bei Freifahrt kann aber nicht auf den gewählten Modus geschlossen werden. Zumeist haben die Fahrzeughersteller (in Europa) darauf verzichtet, bei Fahrzeugen mit ACC zusätzlich noch die Option CC anzubieten. Diese Entscheidung hat wegen des hohen Nutzens von ACC im Vergleich zu dem geringen Nutzen von CC in den verbleibenden Einsatzbereichen zu wenig Diskussion geführt. In den USA hingegen ist CC wegen der allgemeinen Geschwindigkeitsbeschränkung und

⁸ Nutzer, Käufer, Fahrer stehen als Begriff geschlechtsneutral für die damit verbundene Rolle, die von Personen aller Geschlechter gleichermaßen ausgeführt werden kann.

der geringen Verkehrsdichte von Überlandstraßen von höherem Nutzwert und deshalb auch weiter verbreitet⁹. Somit wäre ein Verzicht auf CC bei nicht verfügbarem ACC weniger tolerabel als in Europa. Daher findet sich parallel oder als Ersatz bei nicht verfügbarem ACC die Möglichkeit, CC einzuschalten. Somit deutet sich hier in einem kleinen Bereich schon an, dass es einen Konflikt zwischen Verfügbarkeit und Modusvielfalt gibt.

2. VERFÜGBARKEIT ZUKÜNFTIGER HOCHAUTOMATISIERUNG

Ab der dritten Stufe der schon oben genannten Automatisierungsgradskalen (hier mit Level 3+ bezeichnet) erfährt die Rollenaufteilung zwischen Fahrer und maschinellem Fahrzeugführungssystem eine entscheidende Änderung: während der Aktivierung der Level 3+-Funktion ist vom Fahrer keine permanente Überwachung der Manöverausführung erforderlich. Bei Stufe 3 bleibt aber die Verpflichtung für den Fahrer, für eine Übernahme nach Aufforderung in angemessener Zeit zur Verfügung zu stehen. Gründe für die Aufforderung sind neben möglichen, vom System selbst erkannten Komponentenausfällen vor allem das Erreichen von spezifizierten Einsatzgrenzen. Diese betreffen die definierten Straßenkategorien, mögliche Gefahrenbereiche (Unfall voraus, Tagesbaustelle, ...) und schwierige Witterungsbedingungen. Schon vor der Aktivierung wird geprüft, ob die Grundvoraussetzungen für den Einsatz der Level 3+-Funktion gegeben sind. Dazu gehört auch das Geschwindigkeitsband, in dem die Level 3+-Funktion ausgeführt werden kann. Als erstes Einsatzband für Europa wird ein Bereich von 0 bis 60 km/h erwartet; der Bereich von 0 – 130 km/h soll in wenigen Jahren folgen. In den Industrieländern außerhalb Deutschlands ist damit auch der Bereich der zulässigen Höchstgeschwindigkeiten abgedeckt. Doch ausgerechnet für das Land mit den im Bereich Assistenz führenden Fahrzeugherstellern drängt sich dann die Frage auf, wie der Bereich oberhalb 130 km/h hinsichtlich Fahrautomatisierung adressiert werden soll. Aber für andere Länder gilt grundsätzlich die gleiche Frage außerhalb der Verfügbarkeit von Level 3+-Funktionen, bspw. bei Überlandstraßen, die für die Level 3+-Funktionen nicht freigegeben sind. Es ist schwer vorstellbar, dass für diesen Fall auf jegliche Manöverunterstützung verzichtet wird. Die Folge wäre dann eine Multimodalität mit einem unterschiedlichen Automatisierungsgrad, mal mit Level 3+ und mal mit Level 2-, womit auch die Rolle des Fahrers eine Mehrdeutigkeit hinsichtlich der Überwachungspflicht erfährt.

3. UNTERSCHIEDE DER FUNKTIONSAUSLEGUNG ZWISCHEN LEVEL 2- UND LEVEL 3+-SYSTEMEN

Auch wenn heute noch keine Serienfahrzeuge mit Level 3+-Funktion vorgestellt wurden, so lassen Diskussionen unter Experten eine Grundaussprägung¹⁰ erwarten, die der von heute bekanntem Level 2 (teilautomatisierten Fahren) in der Tabelle 1 gegenübergestellt wird. Diese Liste der Unterschiede ist keinesfalls vollständig. Trotz der Vielzahl an Unterschieden überdecken sich die Funktionsumfänge in weiten Nutzungsbereichen, ohne dass über die Funktion allein deutlich wird, welche Automatisierungsstufe aktiv ist.

⁹ Persönliche Einschätzung der Autoren.

¹⁰ Diese sind aber streng genommen nur subjektive Vermutungen der Autoren.

Tabelle 2: Gegenüberstellung von Unterschieden der Funktionsauslegung zwischen Level 2 und Level 3 (und höher)

Level 2-	Level 3+
Aktivierung	
Fast überall	Auf eingeschränktem Straßennetz, bspw. Autobahn; nur, wenn Back-End Erlaubnis erteilt
Geschwindigkeitsbereich	
Abhängig von Systemauslegung bis ca. 200 km/h	Bis 130 km/h
Reaktion auf Verkehrszeichen (bspw. Höchstgeschwindigkeit)	
Optional	Obligatorisch
Zeitlücke	
0,8 s bis 2,x s, vom Fahrer einstellbar	1,8 s bis 2,x s (fest oder ggf. vom Fahrer einstellbar)
Überholen	
Optionale Manöverdurchführung nach Fahrerinitiierung	Automatisch mit großer „Zurückhaltung“, ggf. zus. von Fahrer initiiert
Fahrerüberwachung	
Prüfung von Hands-on bei Querführungsunterstützung	Level 3: Auf Übernahmefähigkeit prüfen (Fahreraktivität, Kamera)
Übernahme durch Fahrer	
Außerkräftsetzen, mechanisch übersteuern (Lenkung), abschalten	Koordinierte Übergabe erforderlich
Notbremsung, Notausweichen	
Nicht Teil der Automatisierungsfunktion, Notbremssystem aber parallel vorhanden, wenn auch mit geringeren Funktionsanforderungen	Teil der Automatisierungsfunktion

4. KOEXISTENZ VON VERSCHIEDENEN AUTOMATISIERUNGSTUFEN

Grundsätzlich scheint es bei Ausrüstung mit einer Level 3+-Automatisierung nur drei Möglichkeiten zu geben (siehe Abbildung 2):

1. Ausschließlich Level 3+, kein Angebot von Level 2--Funktionalität
2. Exklusiv-Oder-Betrieb nach Einsatzbereich oder Verfügbarkeit getrennt (d.h. nur wenn Level 3+ verboten ist, wird Level 2- angeboten)
3. Wahlweise Level 2- und Level 3+



Abbildung 2: Möglichkeiten des Einsatzes von Level 2- neben vorhandenem Level 3+

Möglichkeit 1 hat den offensichtlichen Vorteil, dass keine Multimodalität entsteht und somit die Mode-Awareness nicht bedroht wird. Allerdings wird dieser Vorteil damit bezahlt, dass der Großteil der Einsatzbereiche (Stadt, Überlandstraßen ohne Autobahn) gar nicht mehr unterstützt wird und die damit verbundenen Sicherheits- und Komfortgewinne wegfallen.

Möglichkeit 2 verhindert die bei Möglichkeit 3 gegebene Nutzung verschiedener Modi auf derselben Strecke. Trotzdem verlangt diese Option vom Fahrer die mentale „Modusumschaltung“. Ob diese wirklich gelingt, bleibt offen.

Möglichkeit 3 verleitet offensichtlich zur geringsten Mode-Awareness, da das Unterscheidungsmerkmal der Straßenkategorie wegfällt. Allerdings kann die Level 2--Funktion auch genutzt werden, wenn vom Nutzen fahrfremder Aufgaben kein Gebrauch gemacht wird, und die Nutzung von Level 3+ mit diesem explizit verbunden wird. Dies wäre eine konsistente Modus-Nutzung, die wiederum der Mode-Awareness dienlich wäre.

Will man den Funktionsverlust für die nicht mit Level 3+ abgedeckten Einsatzbereiche nicht eingehen (also nicht Möglichkeit 1), müssen die Modi dem Fahrer bewusst gemacht werden. Dies gilt umso mehr, als dass der Modus sich darin unterscheidet, wann und in welcher Weise die Fahrfunktion auf den Fahrer übergeht. Eine fehlende Mode-Awareness führt in solchen Situationen nicht nur zu einem nicht eindeutigen mentalen Bild, sondern äußert sich dann in Mode-Confusion.

5. GEFAHREN EINER MODE-CONFUSION

Obwohl innerhalb einer Automatisierungsstufe wiederum mehrere Modi denkbar sind, beziehen sich die folgenden Überlegungen ausschließlich auf die Modi Level 3+ und Level 2-. Um die Gefahren einer Mode-Confusion abzuleiten, werden zwei Fälle betrachtet:

A: Es ist tatsächlich Level 2- aktiv, aber der Fahrer ist mental „im Level 3+“

B: Es ist tatsächlich Level 3+ aktiv, aber der Fahrer denkt an Level 2-

Fall A: Zwar werden die systemeigenen Fahrerüberwachungen versuchen zu verhindern, dass sich der Fahrer längere Zeit mit fahrfremden Beschäftigungen befassen kann, wie der tödliche Unfall im Mai 2016 mit dem Tesla „Autopiloten“ (Level 2) gezeigt hat, gelingt dies jedoch nicht immer. Allerdings war das nicht einer Mode-Confusion geschuldet, sondern einer Überschätzung (overtrust) der Funktionalität.

Steht aber tatsächlich eine Funktion mit dieser hohen Verlässlichkeit wie Level 3+ zur Verfügung, wird eine solche Überschätzung wegen der Modusverwechslung eher häufiger zu erwarten sein. Generell kann es dadurch zu verringerter Aufmerksamkeit für die Überwachungsaufgabe kommen. Als Folge könnte die erwartete Fahrerintervention sich verspäten oder ganz ausbleiben und die Kollisionsgefahr erheblich erhöhen. Aber auch bei Übernahme der Fahrfunktion durch den Fahrer können Unterschiede im Ablauf zu ungewollten Zuständen führen. Denn anders als bei Level 3+ erfolgt bei Level 2- keine Prüfung, ob eine Übergabe unter den aktuellen Bedingungen (Fahrerlenkradmoment, Bremsdruck, Fahrpedalstellung) angemessen ist.

Fall B: Dieser Fall erscheint eher harmlos, da hier zu erwarten ist, dass sich der Fahrer dann „zu viel“ um die Überwachungsaufgabe kümmert, was einen Sicherheitsgewinn verspricht. Die „Kosten“ dieser Konfusion sind daher unnötige Unterbrechungen der Level 3+-Funktion und somit kaum als kritisch anzusehen. Allerdings sind bei der Übernahme durch den Fahrer ungewollte Zustände denkbar. Bei Level 2- kann ein Betätigen des Fahrpedals zu einer Suspendierung der Längsregelung unter Beibehaltung der Querführungsunterstützung führen und bei Rückkehr in Nullposition zu einer automatischen Wiederaufnahme der Längsregelung. Für Level 3+ ist eine Fahrpedalstellung außerhalb der Ruhestellung nicht vorgesehen. Eine Abschaltung der Funktion könnte dann zu einem ungewünschten Fahrzustand führen. So wird aus einem Aufschließen durch Fahreraktion mit anschließender Wiederaufnahme der automatischen Geschwindigkeitsanpassung bei Level 2--Systemen ein Aufschließen mit erhöhter Geschwindigkeit durch Abschaltung des Level 3+-Systems (keine Wiederaufnahme der automatischen Geschwindigkeitsanpassung). Vermutlich ist diese Situation dann immer noch hinreichend beherrschbar, sie illustriert aber, dass auch im Fall B Mode-Confusion ernst zu nehmen ist.

6. MAßNAHMEN GEGEN MODE-CONFUSION

Aus technischer Sicht wäre es wünschenswert, wenn der Fahrer allein durch die Aktivierung eines bestimmten Modus die Mode-Awareness erreichen würde. Aber selbst wenn die Aktivierung durch bestimmte Prozeduren inkl. eines klaren Rückmelde-hinweises im Moment der Aktivierung keinen Zweifel an der Mode-Awareness ließe, wäre nicht davon auszugehen, dass sich die Bewusstheit nach längerer Nutzungszeit, bspw. nach längerer Folgefahrt ohne besondere Herausforderungen, anhalten würde. Fahrerbeobachtung, bspw. per Innenraumkamera, und Hands-on-Überwachung könnten überprüfen, ob die spezifizierten Voraussetzung für die Überwachung von Level 2- Fahrfunktion gegeben sind, um dann bei Verstoß dagegen eine Übernahme zu forcieren. Allerdings kann darüber nicht sicher geschlossen werden, dass bei Einhaltung der Bedingungen auch die mentalen Voraussetzungen für die Funktionsüberwachung erfüllt sind. Ideal wäre eine Unterscheidbarkeit durch die Funktionsausführung, was aber schwierig ist, da trotz der Unterschiede der Auslegung (s. Tabelle 1) in weiten Bereichen eine gleiche Fahrfunktion angeboten wird, bspw. die Folgefahrt. Auch die alleinige Zuordnung, welcher Modus aktiv ist, heißt nicht, dass die damit verbundenen mentalen Regelsätze bei Bedarf ohne Verwechslung „abgespult“ werden.

Noch ist kein Level 3+-System auf dem Markt, das dazu herhalten könnte, das tatsächliche Ausmaß an Mode-Confusion zu bestimmen. Erst mit der konkreten Mensch-Maschine-Schnittstelle lässt sich klären, wie geeignet die Maßnahmen zur Vermeidung der Mode-Confusion oder deren Folgeprobleme sind.

7. KANN KOOPERATIVE AUTOMATION EINE ALTERNATIVE SEIN?

Das Problem der Mode-Confusion entsteht letztlich dadurch, dass noch auf längere Zeit der höchste Automatisierungsgrad nicht mit der höchsten Verfügbarkeit kombiniert werden kann, also immer noch Einsatzbereiche niedriger Automatisierung sinnvoll sind. Folglich wird der Mensch immer noch unterschiedliche Rollen einnehmen, die er somit verwechseln kann. Konzepte der Kooperativen Automation (hierzu sei der Überblicksartikel „Kooperative Fahrzeugführung“ (Flemisch et. al., 2015) empfohlen) sehen auch eine flexible Rollenaufteilung vor, allerdings nicht nach Einsatzbereichen getrennt, sondern über die Interaktionskonzepte. Durch die weiterhin vorhandene Einbindung des Fahrers in die Fahraufgabe, wenn auch weniger direkt als bei manuellem Fahren, bleibt die Verantwortlichkeit für die im 3-Ebenen-Konzept nach Donges (1978) höheren Aufgaben der Fahrzeugführung beim Fahrer. Dabei kann er sich auf die zuverlässige Ausführung der Grundmanöver verlassen. Dieser Kooperative Automatisierungsansatz enthält somit Elemente von Level 2 und Level 3. Aber was spricht dagegen, Standardfahrmanöver wie Folgen oder Freifahrt im Fahrstreifen sowie Notmanöver gemäß Level 3 auszulegen und diese auch auf anderen Straßen anzubieten, wobei die Wahl der Parameter (innerhalb bestimmter Grenzen), genauso wie die Manöver an Verzweigungen, vom Fahrer vorgegeben werden? Jedoch gilt auch hier die Zurückhaltung bei der Beurteilung: Es wurde bisher ebenfalls nicht verwirklicht. Aber es könnte bei der Migration der Automatisierung helfen.

8. STVO-GERECHTES VERHALTEN VON AUTOMATISIERTEN FAHRSYSTEMEN

Bis Level 2 war ohne Zweifel der Fahrer für die Fahrfunktion verantwortlich. Er konnte diese auch zum Missbrauch nutzen, bspw. durch Einstellen einer (erheblich) zu hohen Sollgeschwindigkeit über die Geschwindigkeitsbegrenzung hinaus. Die Folgen, sei es die Ordnungswidrigkeitsfeststellung oder sei es die Schuld beim Unfall, hatte er allein zu tragen. Für aktivierte Level 3+-Fahrfunktion hingegen „fällt“ der Fahrer als Schuldiger aus. Somit steht im Lastenheft für Level 3+ die Konformität der Fahrfunktion zu dem jeweils gültigen Verhaltensrecht (in Deutschland die StVO) als Festforderung. Aber was heißt das in der Praxis? Im Vergleich zu anderen Punkten ist die Konformität hinsichtlich der Höchstgeschwindigkeit leicht zu überschauen. Da kaum Messtoleranzen geltend zu machen sein werden, wird die Geschwindigkeit präzise als „echte“ Geschwindigkeit eingeregelt werden, was bei vielen herkömmlichen Tachometern zwar ein kleines Plus bedeuten würde, aber vermutlich unterhalb den von vielen Menschen verwendeten „Toleranzen“. So ist damit zu rechnen, dass Level 3+-Fahrzeuge tendenziell zurückfallen werden. Dies ist zunächst unter Sicherheitsgedanken kein Fehler und wird voraussichtlich von Fahrern, die sich mit anderen Dingen beschäftigen, akzeptiert werden. Allerdings vermutlich weniger bei Fahrern, die sich nicht anderweitig beschäftigen (können). Bei Veränderung der Höchstgeschwindigkeit wird ein Level 3+-Fahrzeug keine Ortstoleranz gelten lassen, d.h. bei Absenkung ist die zukünftige Höchstgeschwindigkeit schon vor dem Verkehrszeichen eingeregelt, bei Anhebung wird nicht vor dem Erreichen des Verkehrszeichens beschleunigt. Dieses äußerst korrekte Verhalten ist heute aus eigener Beobachtung betrachtet eine Seltenheit. Auch beim Überholen wird streng auf die Höchstgeschwindigkeit zu achten sein. Ein kooperatives schnelles „Freimachen“ durch temporäre höhere Geschwindigkeit darf nicht vorkommen. Allein daraus muss schon sehr vorausschauend der Fahrstreifenwechsel für das

Überholen geplant werden: die Differenz der Höchstgeschwindigkeit zum vorausfahrenden, zu überholenden Fahrzeug muss hinreichend hoch für ein kurzes Manöver sein, und während des geplanten Überholmanövers darf es zu keiner Absenkung der Höchstgeschwindigkeit kommen, da dann infolge der Anpassung vor dem Verkehrszeichen der Abbruch droht, ohne zu wissen, ob die frühere Fahrlücke noch besteht.

Auch die Frage des Folgeabstands - oder besser – der Folgezeitlücke ist schwierig mit heutigen Verkehrsverhältnissen in Einklang zu bringen. Die Rechtsprechung in Deutschland hält für vom Menschen geführte Fahrzeuge eine Zeitlücke von 1,8 s (entspricht dem halben Tachowert in m) für erforderlich, um dem StVO-Passus (§4, Abs. 1¹¹) Genüge zu tun (vgl. Burhoff, 2004). Im deutschen Bußgeldkatalog wird eine Zeitlücke unterhalb von 0,9 s (Bundesministeriums der Justiz und für Verbraucherschutz, 2013) sanktioniert. Stellt man diesen Werten Statistiken über die tatsächlich eingehaltene Zeitlücke gegenüber (Bild 3) findet sich fast überhaupt kein Anteil der Fahrer über 1,8 s, aber weit mehr im Bereich der Bußgeldsanktionen. Darauf könnte man nun entgegnen: mit einem vorbildlichen Abstandsverhalten von mindestens 1,8 s Zeitlücke erreichen Level 3+-Fahrzeuge ein nie dagewesenes Sicherheitsniveau. Außerdem würden sie in einer problematischen Situation, bei der sich nach einem plötzlichen Fahrstreifenwechsel eines vorausfahrenden Fahrzeugs ein stehendes Hindernis zeigen würde, mehr Reserve zum Bremsen besitzen. In nahezu allen anderen Situationen ist aber die Folgesituation schwieriger zu beherrschen. Die Zuordnung des vorausfahrenden Fahrzeugs ist sowohl messtechnisch erschwert als auch durch die von der großen Zeitlücke induzierten häufigeren Einschervorgänge häufiger herausgefordert.

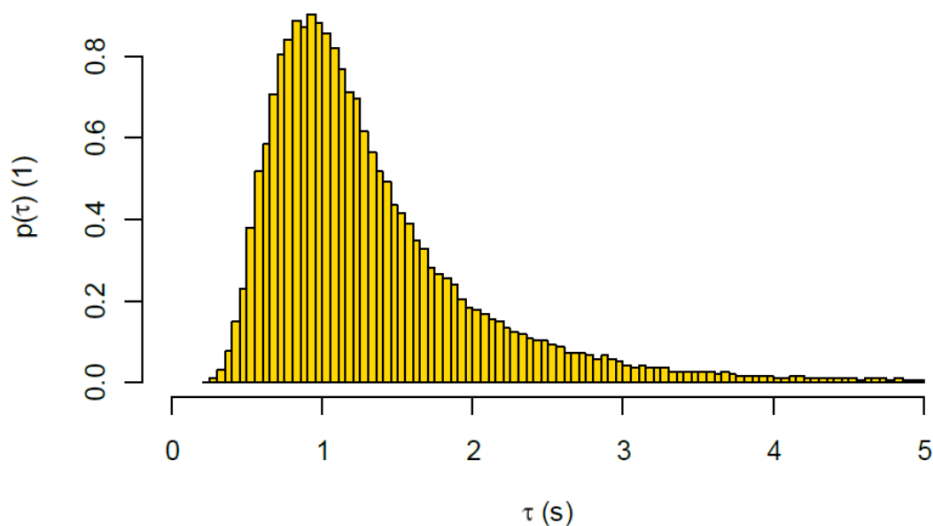


Bild 3: Zeitlückenverteilung auf der linken Spur der A3 (Wagner, 2015)

Insbesondere ist zu erwarten, dass die Zahl der in die Lücke einschuerenden Lkw stark zunehmen wird, wie heute mit einem ACC bei Fahrt mit großer Zeitlücke emuliert werden kann. Interpretiert man die StVO eigenständig für das automatisierte Fahren, so lässt sich mit Fahrzeugen mit moderner Sensor- und Aktortechnik das plötzliche Bremsen des vorausfahrenden Fahrzeugs weitaus schneller als der

¹¹ Wortlaut StVO §4, Absatz 1: Der Abstand zu einem vorausfahrenden Fahrzeug muss in der Regel so groß sein, dass auch dann hinter diesem gehalten werden kann, wenn es plötzlich gebremst wird. ...

Mensch erkennen und somit auch schneller darauf reagieren, folglich lassen sich schon Zeitlücken bis herunter auf 0,5 s motivieren¹². Ein weiterer Grund für die Empfehlung einer deutlich geringeren Zeitlücke ist die Ausnutzung der Verkehrsinfrastruktur. Die heute erreichte maximale Verkehrsstärke von Autobahnfahrstreifen liegt bei etwa 2/3 Fahrzeug pro Sekunde (= 2400 Fzg/h) (Friedrich, 2015). Dies entspricht bei Abzug der Fahrzeuglängen einer Zeitlücke von etwa $1,3 \pm 0,1$ s. Soll durch die Einführung von Level 3+-Fahrfunktion der Verkehrsfluss nicht leiden, so müssen ähnliche oder kürzere Werte als Sollzeitlücke eingestellt werden können. Egal wie in Zukunft entschieden wird, konfliktfrei wird die dann gewählte Auslegung nicht sein.

9. FAZIT UND AUSBLICK

Hochautomatisiertes Fahren auf Autobahnen wird als nächste Stufe auf dem Weg zum autonomen Fahren ohne menschlichen Fahrer erwartet. Zum ersten Mal entbindet diese Funktionalität den Fahrer von der Aufgabe, permanent die automatisierten Manöver zu überwachen. Dieser neue Modus ist aber nur auf bestimmte Einsatzbereiche begrenzt, die nur einen eher kleinen Teil des heute schon verfügbaren Einsatzbereichs von teilautomatisierter Fahrfunktion abdeckt. Egal welche Konzeptvariante gewählt wird, wie mit diesem Umstand umzugehen ist, es bleiben Fragen zur Akzeptanz und/oder Mode-Awareness bei Koexistenz von verschiedenen Automationsgraden offen. Auch eine Ausgestaltung der Hochautomatisierung des Fahrens streng konform zur heutigen Interpretation der StVO lässt Inkompatibilitäten befürchten, die zu einer Veränderung des Fahrverhaltens führen. Neben den ungewissen Veränderungen der Verkehrsszenarien und folglich der Veränderung von Unfallszenarien werden sowohl die Akzeptanz der Insassen und umgebenden Verkehrsteilnehmer als auch die Grenzen der Straßenleistungsfähigkeit strapaziert.

Trotz der in diesem Artikel geäußerten Bedenken sind die Autoren zuversichtlich, dass sich die Automatisierung mit der Stufe 3 und höher durchsetzen wird. Aber es wird neben den immer noch ungelösten Problemen der Absicherung noch besondere Entwicklungsanstrengungen zur Funktionsgestaltung erfordern, um das Ziel zu erreichen. Die häufig anzutreffende Einschätzung, dass das hochautomatisierte Fahren ein Selbstläufer sei, beinhaltet die Gefahr des „bösen Aufwachens“.

¹² bei 36 m/s (≈ 130 km/h) Ausgangsgeschwindigkeit, 10% griffigere Reifen des vorausfahrenden Fahrzeugs (10 m/s^2 zu 9 m/s^2), Verarbeitungszeit 0,3 s \rightarrow erforderlicher Abstand = 18 m entsprechend einer Zeitlücke von 0,5 s.

LITERATUR

- Burhoff, D. (2004).** Praktische Fragen der Abstandsmessung im Straßenverkehr, *ZAP (ZAP - Wissen für die Anwaltspraxis) Heft 2/2004*, F. 9, S. 733-738, 2004.
- Donges, E. (1978).** Ein regelungstechnisches Zwei-Ebenen-Modell des menschlichen Lenkverhaltens im Kraftfahrzeug, *Zeitschrift für Verkehrssicherheit Nr. 24*, S. 98-112, 1978.
- Flemisch, F.; Winner, H.; Bruder, R.; Bengler, K. (2015).** Kooperative Fahrzeugführung, in: Winner, H.; Hakuli, S.; Lotz, F.; Singer, C. (Hrsg.): *Handbuch Fahrerassistenzsysteme, ATZ/MTZ-Fachbuch, 3. Auflage*, Wiesbaden: Springer Vieweg, 2015, S. 1103-1110.
- Friedrich, B. (2015).** Verkehrliche Wirkung autonomer Fahrzeuge, in: Maurer, M., Gerdes, J.C., Lenz, B., Winner, H. (Hrsg.): *Autonomes Fahren - Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte*, Heidelberg: Springer Berlin, 2015, S. 331-350.
- Gasser, T.; Arzt, C.; Ayoubi, Mihir; Bartels, A.; Eier, J. et al. (2012).** Bundesanstalt für Straßenwesen: Rechtsfolgen zunehmender Fahrzeugautomatisierung, *Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Unterreihe „Fahrzeugsicherheit“*, Heft F 83, Bergisch Gladbach, 2012, S.1.
- Verband der Automobilindustrie e.V. (2015).** Von Fahrerassistenzsystemen zum Automatisierten Fahren, *VDA Magazin – Automatisierung*, Berlin, 2015, S. 15.
- Wagner, P. (2015).** Steuerung und Management in einem Verkehrssystem mit autonomen Fahrzeugen, in: Maurer, M., Gerdes, J.C., Lenz, B., Winner, H. (Hrsg.): *Autonomes Fahren - Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte*, Heidelberg: Springer Berlin, 2015, S. 313-330.

INTERNETQUELLEN

- Audi AG (2017).** Audi A8; https://www.audi.de/de/brand/de/neuwagen/a8/a8.html#layer=/de/brand/de/neuwagen/a8/a8.mediathek_infolayer.MGRA8T1.html, Zugriff 14.02.2017.
- BMW AG (2017) [1].** BMW 2er Active Tourer: Komfort & Sicherheit; <https://www.bmw.de/de/neufahrzeuge/2er/activetourer/2014/komfort-sicherheit.html>, Zugriff 14.02.2017.
- BMW AG (2017) [1].** BMW i3: Antrieb & Technik; <http://www.bmw.de/de/neufahrzeuge/bmw-i/i3/2015/antrieb-technik.html>, Zugriff 14.02.2017.
- Bundesministeriums der Justiz und für Verbraucherschutz (2013).** Verordnung über die Erteilung einer Verwarnung, Regelsätze für Geldbußen und die Anordnung eines Fahrverbotes wegen Ordnungswidrigkeiten im Straßenverkehr (Bußgeldkatalog-Verordnung - BKatV), Ausfertigungsdatum: 14.03.2013, http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/bkatv_2013/gesamt.pdf, Zugriff 15.02.2017
- National Highway Traffic Safety Administration (2016).** Federal Automated Vehicles Policy: Accelerating the Next Revolution In Roadway Safety; https://one.nhtsa.gov/nhtsa/av/pdf/Federal_Automated_Vehicles_Policy.pdf, S. 9, Zugriff 16.02.2017.

- Porsche AG (2017).** *Porsche Cayenne S - Abstandsregeltempomat inkl. Porsche Active Safe (PAS) - Porsche Deutschland*; <http://www.porsche.com/germany/models/cayenne/cayenne-s/comfort/adaptive-cruise-control-with-porsche-active-safe-pas/>, Zugriff 14.02.2017.
- SAE International (2014).** *Automated Driving: Levels of Driving Automation are defined in new SAE Standard J3016*; http://www.sae.org/misc/pdfs/automated_driving.pdf, S. 2, Zugriff 16.02.2017.
- SKODA AUTO a.s. (2017).** *Betriebsanleitung Skoda Superb*; http://ws.skoda-auto.com/OwnersManualService/Data/de/Superb_3V/11-2016/Manual/Superb/B8_Superb_OwnersManual.pdf, Zugriff 14.02.2017.
- Volkswagen AG (2017).** *Automatische Distanzregelung (ACC): VW Technik-Lexikon*; http://www.volkswagen.de/de/technologie/technik-lexikon/automatische_distanzregelung_acc.html, Zugriff 14.02.2017.

ÜBERGREIFENDER DEFINITIONSANSATZ FÜR DIE FAHRZEUGAUTOMATISIERUNG

Andre Seeck, Tom Michael Gasser, Rico Auerswald

ZUSAMMENFASSUNG

Die Level kontinuierlicher Fahrzeugautomatisierung sind unter Fahrerassistenz-experten weithin bekannt und erleichtern das Verständnis. Sie können aber nicht Fahrzeugautomatisierung insgesamt zufriedenstellend beschreiben: Insbesondere temporär intervenierende Funktionen, die in unfallnahen Situationen eingreifen, können offensichtlich nicht nach dem Level kontinuierlicher Fahrzeugautomatisierung beschrieben werden. Diese beschreiben nämlich die zunehmende Aufgabenverlagerung vom Fahrer zur maschinellen Steuerung bei zunehmendem Automatisierungsgrad. Notbremsfunktionen, beispielsweise, sind offensichtlich diskontinuierlich und nehmen zugleich auf intensive Weise Einfluss auf die Fahrzeugsteuerung. Sie lassen sich gerade nicht sinnvoll nach dem Level kontinuierlicher Fahrzeugautomatisierung beschreiben. Das Ergebnis kann indes nicht zufriedenstellen: Die fehlende Sichtbarkeit dieser Funktionen wird ihrer Bedeutung für die Verkehrssicherheit nicht gerecht.

Daher wird hier, um ein vollständiges Bild der Fahrzeugautomatisierung zu erlangen, ein umfassender Ansatz zur Beschreibung verfolgt, der auf oberster Ebene nach Wirkweise unterscheidet. Auf dieser Basis lassen sich sowohl informierende und warnende Funktionen als auch solche, die nur temporär in unfallgeneigten Situationen intervenieren, im Detail beschreiben. Das ermöglicht es, eine eigenständige Klassifikation für unfallgeneigte Situationen zu erstellen. Dies kann für diese wichtigen Funktionen die eigenständige Sichtbarkeit herstellen, die ihrer Bedeutung gerecht wird.

1. EINLEITUNG

Erst systematische Strukturen ermöglichen ein übergreifendes Verständnis im Bereich der Fahrzeugautomatisierung. Wie eine Landkarte bieten gute Strukturen Abstraktion und Übersichtsfunktion. Zugleich ermöglichen sie die schnelle Orientierung im Themenfeld und sind Grundlage für unmissverständliche Kommunikation. Der nachfolgende Beitrag erweitert das bislang auf kontinuierlich automatisierte Funktionen begrenzte Verständnis von „Fahrerassistenzsystemen“ im weiteren Sinne bzw. der Fahrzeugautomatisierung.

Die Level kontinuierlich automatisierender Funktionen sind seit der BAST-Projektgruppe zu den „Rechtsfolgen zunehmender Fahrzeugautomatisierung“ etabliert (Gasser et al., 2012) und wurden zugleich zur Grundlage für die Arbeiten am SAE-Standard J3016 der SAE-International gemacht (SAE International, 2014). Für kontinuierlich wirkende Fahrzeugautomatisierung handelt es sich um die bislang einzige auch international etablierte Referenz in diesem Bereich.

Gleichwohl können die Automatisierungslevel nach BAST oder SAE keine zufriedenstellende Antwort darauf geben, wie andere etablierte Funktionen einzuordnen sind:

Als Beispiele können Funktionen angeführt werden wie das „automatische Notbremsystem“, die „Ausweichassistent“, die „frontal-Kollisionswarnung“, eine „Spurverlassenswarnung“ und die lediglich „korrigierende Spurhalteassistent“. Sie alle lassen sich ebenso wenig einordnen wie „Nothaltefunktionen“, die im Fall medizinisch oder anderweitig bedingter Handlungsunfähigkeit des Fahrers das Fahrzeug in einen vergleichsweise risikominimalen Zustand versetzen („risikominimal“ zumindest im Vergleich mit andernfalls eintretender Steuerungslosigkeit). Teilweise ist in der Vergangenheit der Versuch einer Einordnung in die Automatisierungslevel vorgenommen worden – ein Ansatz, der in sich widersprüchlich ist, weil die genannten Funktionen entweder diskontinuierlich regeln oder gar keinen unmittelbaren Einfluss auf die Fahrzeugsteuerung nehmen, sondern den Fahrer nur informieren bzw. warnen (und somit nicht mit der Fahrzeugautomatisierung gleichzusetzen sind).

Lösungsansatz kann deshalb nur sein, die kontinuierlich wirkenden Automatisierungslevel nach BAST oder SAE als eine Fallgruppe neben weitere zu stellen. Diese grundlegenden sog. „Wirkweisen“ bewegen sich auf einer übergeordneten Verständnisebene und liefern einen umfassenden Erklärungsansatz, der erstmals die Fahrzeugautomatisierung insgesamt abzubilden vermag. Wie genau dieser aussieht wird im Folgenden näher erläutert.

Dieser Ansatz wurde in dem vom BMWi-geförderten Projekt UR:BAN (2016) von der BAST innerhalb von „Wirkfeld, Effektivität, Recht“ gemeinsam mit dem im Teilprojekt „Kognitive Assistenz“ angesiedelten „Kollisionsvermeidung durch Ausweichen und Bremsen“ (KAB) verfolgt (Siedersberger et al., 2015). Das Ergebnis basiert entscheidend auf technischen Beiträgen von den unter Siedersberger und Kollegen (2015) zitierten Kollegen im Projektteil KAB.

2. EINORDNUNG DER LANDKARTE IN DIE DREI-EBENEN-HIERARCHIE DER FAHRAUFGABE NACH DONGES

Die drei-Ebenen-Hierarchie der Fahraufgabe nach Donges (1982) beschreibt die Fahraufgabe auf den drei Ebenen der Navigation, der Bahnführung und Stabilisierung. Die Navigationsebene sieht die Auswahl einer geeigneten Fahrtroute aus dem zur Verfügung stehenden Straßennetz und den hierfür erforderlichen Zeitbedarf vor und wird als bewusster Planungsprozess beschrieben. Dagegen findet der dynamische Prozess des Fahrens selbst auf Bahnführungs- und Stabilisierungsebene statt. Die Bahnführungsebene beschreibt dabei die Steuerungsaufgabe, die aus der Eigenbewegung des Fahrzeuges wie auch fremder Fahrzeuge im Sinne einer Veränderung der Konstellation in einer gegebenen Szenerie entsteht. Sie besteht für den Fahrer darin, die als sinnvoll erachteten Führungsgrößen wie Sollspur und Sollgeschwindigkeit abzuleiten und im Wege des Eingreifens in die Steuerung eines offenen Regelkreises möglichst geringe Abweichungen von Führungs- und Sollgröße zu erreichen. Die Stabilisierungsebene besteht dagegen darin, im geschlossenen Regelkreis die Regelabweichung zu stabilisieren und auf ein vom Fahrer annehmbares Maß zu kompensieren (Donges, 2015). Die Bahnführungsebene korrespondiert mit der regelbasierten Verhaltensebene und die Stabilisierungsebene mit dem fertigkeitbasierten Verhalten des Fahrers nach Rasmussen (1983), in diesem Zusammenhang gestellt von Donges (2015).

Für die nachfolgend vorgeschlagene Einordnung von Assistenz- und Automatisierungsfunktionen werden die Navigationsebene der Fahrzeugsteuerung ebenso wie

die Stabilisierungsebene (und damit alle dort wirkenden Funktionsausprägungen) ausgeklammert: Der vorliegende Beitrag bezieht sich ausschließlich auf Assistenz- und Automatisierungsfunktionen, die auf Bahnführungsebene wirken.

Damit wird nicht ausgeschlossen, dass auch auf diesen Ebenen – wie etwa bezogen auf heute verfügbare Navigationssysteme oder Stabilisierungssysteme (bspw. ESC/ESP) – es möglich sein dürfte, eine in sich schlüssige und sinnvolle nochmalige Erweiterung vorliegender „Landkarte“ irgendwann in Zukunft vorzunehmen. Es wird vielmehr hier darauf verzichtet, da die Funktionen, die vorliegender Betrachtung zugrunde gelegt und strukturiert werden sollen, ihre Einbeziehung nicht sinnvoll erscheinen lässt: In vorliegende Betrachtung einbezogen und strukturiert werden Assistenz- und Automatisierungsfunktionen, die über maschinelle Umgebungswahrnehmung verfügen und hierauf ihre Regelungsfunktion stützen.

Die Navigationsebene weist dagegen keine unmittelbare dynamische Steuerungsrelevanz auf (vgl. auch Donges, 2015).

In Bezug auf Funktionen der Stabilisierungsebene ist die besondere Qualität der wenigen heute relevanten Funktionen (Automatischer Blockierverhinderer (ABS) und elektronische Stabilitätskontrolle (ESC/ESP)) herauszustreichen: Beide verfügen ausschließlich über eine Reibwertschätzung mittels Raddrehzahlsensoren, die mithin von vornherein als nur indirekt umfeldbezogen zu bezeichnen ist. Bei dem System des Automatischen Blockierverhinderers erfolgt lediglich eine Funktionsveränderung der Fahrzeugbremse, um das blockierende Rad weiterdrehen zu lassen und so zu ermöglichen, Querkräfte über den Fahrzeugreifen aufzubringen (zwecks Erhaltung eingeschränkter Lenkfähigkeit des Fahrzeuges). Das hierauf aufbauende System der elektronischen Stabilitätskontrolle basiert zudem noch auf einem Abgleich von fahrerseitig vorgegebenem Lenkwinkel (am Lenkrad) und Fahrzeug-Gier rate als zusätzlicher Regelungsgrundlage. Gleichwohl erfolgt auch hier letztlich nur eine Optimierung der Fahrzeugstabilisierung anhand von Vorgaben durch den Fahrer am Lenkrad (Lenkwinkel) und ohne Rücksicht auf die konkrete Umfeldsituation. Gerade die tatsächliche und nicht die vom Fahrerverhalten abgeleitete Umfeldsituation ist für die Automatisierung der Fahrzeugsteuerung jedoch entscheidend, so dass Stabilisierungsfunktionen für die Beschreibung der vorliegenden Landkarte der Fahrzeugsteuerung auf Bahnführungsebene ganz ausgeklammert werden sollen.

3. ABSTRAHIERTE KLASSIFIKATION VON FUNKTIONEN: AUF OBERSTER EBENE NACH WIRKMECHANISMEN

Vorgeschlagen wird mit vorliegendem Beitrag eine Klassifikation nach Wirkmechanismen; erst im Anschluss erfolgt eine weitere Unterteilung nach „Level“ der Funktionen. Dieses Vorgehen wurde erstmals von Gasser, Seeck und Smith (2015) veröffentlicht und von OICA aufgegriffen (Esser, 2015). Gasser und Auerswald (2016) haben innerhalb des BMWi-Projektes UR:BAN, aufbauend auf dem technischen Input der an KAB beteiligten Kollegen der Fahrzeugindustrie, dieses Verständnis weiter präzisiert und erstmals vorgestellt.

Ein elementarer Kernaspekt in der Präzisierung der Wirkmechanismen ist die Einführung von „abstrakter“ und „konkreter Gefahr“ in die Kategorisierung (s. Abschnitt 0 und 0). Eine erste Anwendung dieser neuen Struktur erfolgte in einer Arbeitsgruppe von Euro NCAP zum Thema „Information, Warnung und Intervention“: Mit

Hilfe der nachfolgend dargestellten Struktur konnten in Euro NCAP getestete Funktionen eingeordnet und grundlegende Gestaltungsprinzipien der einzelnen Kategorien abgeleitet werden.

Es wird in der Präzisierung der Wirkmechanismen nunmehr konsequent eine abstrakte Beschreibung von Fahrerassistenz und Fahrzeugautomatisierung eingehalten, indem „Funktionen“ und ihre „Wirkweise“ in den Vordergrund gestellt wird. Nicht beschrieben werden hier dagegen (vollständige) Systeme, die aus mehreren einzelnen Funktionen bestehen können und mitunter auch wirkweiseübergreifend angelegt sein können.

Die Einteilung auf der Ebene von Wirkweisen bzw. Wirkmechanismen wird in dem o.g. Vortrag (Gasser & Auerwald, 2016) wie folgt vorgeschlagen (vgl. Bild 3.1):

Wirkweise A: Informierende und warnende Funktionen	Wirkweise B: Kontinuierlich automatisierende Funktionen	Wirkweise C: In unfallgeneigten Situationen temporär intervenierende Funktionen
Wirken ausschließlich und „mittelbar“ über den Fahrer: 1. Statusinformation 2. Abstrakte Warnung 3. Konkrete Warnung	Haben unmittelbaren Einfluss auf die Fahrzeugsteuerung (bewusste Übertragung durch den Fahrer – arbeitsteilige Ausführung). Immer übersteuerbar.	Präventive maschinelle Intervention bei negativer Situationsprognose: I. Fahrer als Regler verhält sich nicht erwartungskonform/ ist nicht erreichbar oder II. in kollisionsnahen Situationen, die Fahrer/Regler leistungsbedingt nicht kontrollieren

Bild 3.1: Übergeordnete Klassifikation nach Wirkweise

3.1 Wirkweise A: Informierende und warnende Funktionen

Die Wirkweise umfasst informierende und warnende Funktionen. Charakteristisch ist hier die „mittelbare Wirkung“, da erst eine Handlung des Fahrers die Information oder Warnung in eine Steuerung des Fahrers überführt. Man kann drei Arten von Informationen dabei unterscheiden:

- Statusinformationen: Solche Informationen vermitteln dem Fahrer bspw. bahnführungsrelevante Merkmale seines Umfelds, seines Fahrzeuges oder seines eigenen Zustands. Beispiele auf Systemebene sind eine Verkehrszeichenanzeige von bspw. Geschwindigkeitsbegrenzungen (als Umfeldstatus), die Anzeige eines Ausfalls bspw. am Bremssystem (als Fahrzeugstatus), die Müdigkeitserkennung des Fahrers (als Fahrerstatus).
- Abstrakte Warnungen warnen den Fahrer bei Abweichungen von regelmäßig zu erwartendem Fahrerverhalten in einer konkreten Verkehrssituation: Bspw. Spurverlassenswarnung oder eine latente Abstandswarnung.

- Konkrete Warnungen sollen den Fahrer gezielt auf unfallgeneigte Situationen hinweisen, die im Fall tatsächlicher Existenz dieser Situation auch einen intervenierenden Eingriff (der Wirkweise CII, vgl. dazu unten) erlauben würden. Beispiele auf Systemebene wären hierfür eine Auffahrwarnung (Forward Collision Warning) oder ein Totwinkelassistent (wenn die Warnung im konkreten Fall dazu dient, die Belegung des angrenzenden Fahrstreifens anzuzeigen und eine Kollision durch die Annäherung droht).

3.2 Wirkweise B: Kontinuierlich automatisierende Funktionen

Die Wirkweise B hat unmittelbaren Einfluss auf die Fahrzeugsteuerung. Durch entsprechende Funktionen wird mindestens ein Teil der Fahraufgabe kontinuierlich automatisiert. Diese Wirkweise reicht von der einzig durch den Fahrer gesteuerten Fahrzeugführung (Level 0) bis zur vollständigen Autonomie oder Fahrerlosigkeit (Level 5, je nach definitorischem Ansatz) und wird durch die Level kontinuierlicher Fahrzeugautomatisierung der BAST bzw. der SAE näher dargestellt. Einer weiteren Vertiefung dieser Wirkweise bedarf es angesichts der verbreiteten tiefen Kenntnis von den kontinuierlich wirkenden Automatisierungslevel hier nicht; vertieft nachzulesen unter Gasser und Kollegen (2012) und SAE International (2014).

3.3 Wirkweise C: In unfallgeneigten Situationen temporär intervenierende Funktionen

Diese Wirkweise näher zu beschreiben, war die Hauptintention im Zusammenhang mit den Arbeiten gemeinsam mit dem Projektteil UR:BAN-KAB (vgl. hierzu: Siedersberger et al., 2015, Gasser & Auerwald, 2016). Die nähere Ausdifferenzierung ermöglicht erstmals eine Sichtbarkeit entsprechender Funktionen, die ihrer Bedeutung gerecht wird.

Es handelt sich bei Funktionen der Wirkweise C um solche, die in unfallgeneigten Situationen nur temporär intervenieren. Hier erfolgt ein maschinelles, steuerungsrelevantes Eingreifen in die offene Regelung auf Bahnführungsebene (vgl. dazu bereits oben und unter Donges, 2015). Dem vorliegenden akademischen Strukturverständnis unterliegt dabei die Annahme, dass es gleichgültig ist, ob diese offene Regelung vor einer temporären Intervention in unfallgeneigten Situationen durch einen menschlichen Fahrer oder durch ein eigenständiges maschinelles Wirken (vgl. zum Begriff Gasser, 2015) erfolgt. Es erfolgt in beiden Fällen eine Überlagerung der Fahrzeugsteuerung durch eine Funktion der Wirkweise C, wenn es die Situation erfordert.

Dabei ist charakteristisch, dass entweder

- der Fahrer als Regler (bzw. systemseitig der Regler der Wirkweise B) sich nicht erwartungskonform verhält oder nicht erreichbar ist bzw. als Regelungsgröße ausfällt. Die temporär intervenierende Regelung erfolgt deshalb zur Aufrechterhaltung eines situationsstabilen Gesamtverkehrszustandes als risikominimaler Strategie. Hier ist die Gefahr noch vergleichsweise abstrakt.
- Oder:
- die Unfallneigung ist in der konkreten Situation derart erheblich (kollisionsnah), dass unmittelbares Eingreifen zur Schadensverringerung oder Schadensvermeidung geboten ist. Diese Situationen zeichnen sich regelmäßig dadurch aus, dass der Fahrer als Regler solche Situationen leistungsbedingt

(z.B. aufgrund der menschlichen Reaktionszeit) nicht mehr unter Kontrolle hat. Hier ist dann die unmittelbare Intervention geboten.

4. HINWEISE ZUM WEITEREN STRUKTURELLEN VERSTÄNDNIS

Die Wirkweisen verstehen sich als übergeordnete Systematisierung. Es ergibt sich deshalb für die weitere Ausdifferenzierung im Detail der kontinuierlichen Automatisierung gemäß Wirkweise B, dass diese näher beschrieben sind durch das Verständnis von Level der BASt-Projektgruppe (vgl. Gasser et al., 2012) bzw. der SAE-international (vgl. SAE International, 2014). Es ergibt sich somit für Wirkweise B eine nähere Ausdifferenzierung nach Bild 4.1.

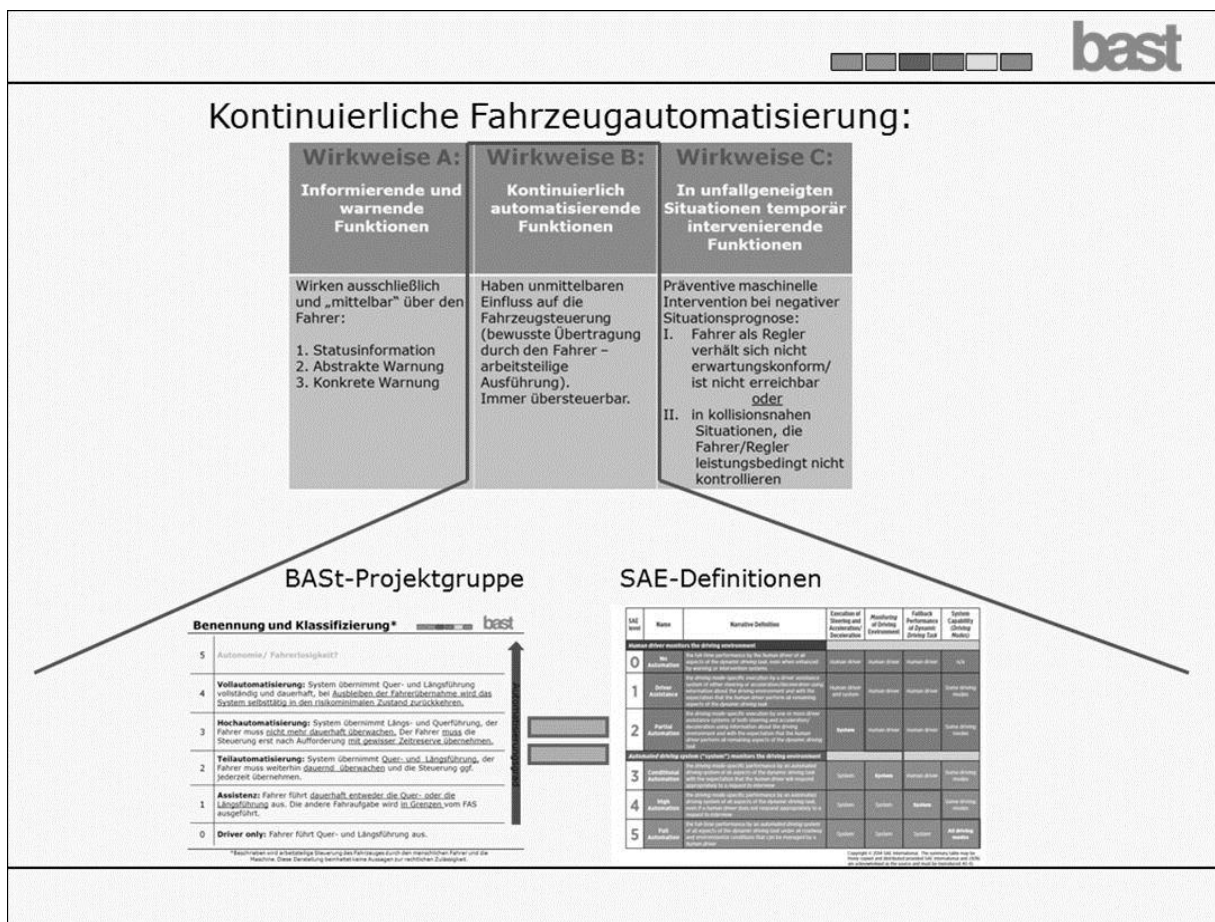


Bild 4.1: Überblick über kontinuierliche Fahrzeugautomatisierung

Darüber hinaus lässt sich der vergleichbare Überblick auch für die in unfallgeneigten Situationen temporär intervenierenden Funktionen (Wirkweise C) nunmehr nach Bild 4.2 darstellen. Die Vorstellung dieser neuen Ausdifferenzierung gemäß Gasser und Auerwald (2016) im Detail erfolgt im folgenden Kapitel 5.

Wirkweise A: Informierende und warnende Funktionen		Wirkweise B: Kontinuierlich automatisierende Funktionen		Wirkweise C: In unfallgeneigten Situationen temporär intervenierende Funktionen	
Wirken ausschließlich und „mittelbar“ über den Fahrer:		Haben unmittelbaren Einfluss auf die Fahrzeugsteuerung (bewusste Übertragung durch den Fahrer – arbeitsteilige Ausführung). Immer übersteuerbar.		Präventive maschinelle Intervention bei negativer Situationsprognose: I. Fahrer als Regler verhält sich nicht erwartungskonform/ ist nicht erreichbar oder II. in kollisionsnahen Situationen, die Fahrer/Regler leistungsbedingt nicht kontrollieren	
1. Statusinformation 2. Abstrakte Warnung 3. Konkrete Warnung					

Level $\alpha - \gamma$	I. Leveldefinition: Abstrakte Gefahr (Wirkweise C)	II. Leveldefinition: Konkrete Gefahr (Wirkweise C)
Level α_I	Fahrerunterstützung durch korrigierenden Eingriff.	Level α_{II} Fahrerinitiierte Unterstützung durch Intensivierung einer Fahrerhandlung. Umsetzung durch funktionsseitige Überlagerung.
Level β_I	Ausfall des Fahrers als „Regler“ (ohne umfassenden Situationsüberblick): Steuerungsübernahme durch Funktion mit dem Ziel der Überführung in einen risikominimalen Zustand (bzgl. dritter VT: kooperationsabhängig).	Level β_{II} Fahrerersetzender Eingriff mit dem Ziel der Auflösung unmittelbar wirksamer Gefahr durch kurz wirkenden Systemeingriff. Fahrerübernahme im Anschluss erforderlich.
Level γ_I	Ausfall des Fahrers als „Regler“ (umfassende maschinelle Wahrnehmung): Steuerungsübernahme durch Funktion zur Auflösung abstrakter Gefahr. Überführung in risikominimalen Zustand oder sonstig angemessene Steuerungsstrategie (bzgl. dritter VT: kooperationsabhängig aber nicht unmittelbar angewiesen).	Level γ_{II} Funktionsseitige Steuerungsübernahme zur Auflösung der konkreten Gefahr. Funktionsseitig kontrollierte Fahrerübernahme im Anschluss. Andernfalls ggf. fließender Übergang zu Level γ_I .

Bild 4.2: Überblick über die in unfallgeneigten Situationen temporär intervenierenden Funktionen

5. (DETAIL-)STRUKTURIERUNG UND KLASSIFIZIERUNG DER WIRKWEISE C

Bevor auf die nähere Detailstrukturierung von den in unfallgeneigten Situationen temporär intervenierenden Funktionen (Wirkweise C) eingegangen wird, werden noch die verwendeten Begrifflichkeiten nachfolgend definiert:

- Fahrer und maschineller „Regler“ sind gleichgeordnet:
Der menschliche Fahrer wird nach dem hier vorgeschlagenen abstrakten Verständnis in der folgenden Beschreibung einem „Regler“ (der Wirkweise B) gleichgesetzt.

- Wirkweise C hat temporär überlagernde Funktion:
Funktionen dieser Wirkweise überlagern temporär den „primären Regler“ (also Fahrer oder System der Wirkweise B).
- Wirkweise C ist grundsätzlich zur Sicherstellung der Kontrollierbarkeit übersteuerbar ausgelegt:
Der menschliche Fahrer kann Funktionen der Wirkweise C grundsätzlich durch signifikante Eingriffe deaktivieren. Dennoch wird es als Wesenskern der Wirkweise C angesehen, dass der Fahrer hierzu regelmäßig nicht in der Lage sein wird (woraus die Unfallneigung der Situation erst resultiert).
- Unterteilung nach „abstrakter“ und „konkreter Gefahr“:
Die weitere Unterteilung der Tabelle nach Bild 5.1 erfolgt danach, ob die Unfallneigung der Situation noch „abstrakt“ oder bereits „konkret“ ist. Beiden ist gemeinsam, dass sie durch den „primären Regler“ alleine nicht aufgelöst werden kann.

Level $\alpha - \gamma$	I. Leveldefinition: Abstrakte Gefahr (Wirkweise C)	II. Leveldefinition: Konkrete Gefahr (Wirkweise C)	
Level α_I	Fahrerunterstützung durch korrigierenden Eingriff.	Level α_{II}	Fahrerinitiierte Unterstützung durch Intensivierung einer Fahrerhandlung. Umsetzung durch funktionsseitige Überlagerung.
Level β_I	Ausfall des Fahrers als „Regler“ (ohne umfassenden Situationsüberblick): Steuerungsübernahme durch Funktion mit dem Ziel der Überführung in einen risikominimalen Zustand (bzgl. dritter VT: kooperationsabhängig).	Level β_{II}	Fahrerersetzender Eingriff mit dem Ziel der Auflösung unmittelbar wirksamer Gefahr durch kurz wirkenden Systemeingriff. Fahrerübernahme im Anschluss erforderlich.
Level γ_I	Ausfall des Fahrers als „Regler“ (umfassende maschinelle Wahrnehmung): Steuerungsübernahme durch Funktion zur Auflösung abstrakter Gefahr. Überführung in risikominimalen Zustand oder sonstig angemessene Steuerungsstrategie (bzgl. dritter VT: kooperationsabhängig aber nicht unmittelbar angewiesen).	Level γ_{II}	Funktionsseitige Steuerungsübernahme zur Auflösung der konkreten Gefahr. Funktionsseitig kontrollierte Fahrerübernahme im Anschluss. Andernfalls ggf. fließender Übergang zu Level γ_I .

Bild 5.1: Struktur und Klassifizierung der Wirkweise C

5.1 Funktionen der Wirkweise C für konkrete Gefahr (II)

Erläutert werden sollen zunächst die Funktionen der Wirkweise C für die konkrete Gefahr in der Spalte rechts. Die Untergliederung erfolgt nach dem griechischen Alphabet, wobei vorgeschlagen wird, die römische Zahl als Index zu führen, da sie auf die Spalte der „konkreten Gefahr“ hinweist. Vorgeschlagene Zitierweise wäre deshalb bspw. „Level Beta, römisch Zwei“ bzw. „ β_{II} “.

5.1.1 Level α

Im Level „Alpha, römisch Zwei“ ist eine Kollisionsgefahr konkret. Hier wird durch die Funktion die Fahrerhandlung intensiviert. Das wäre bspw. denkbar im Fall einer fahrerinitiierten Notbremsfunktion, die den notwendigen Bremsdruck erst dann aufbringt, sobald der Fahrer das Bremspedal betätigt. Ebenso würde von diesem Level Funktionen der fahrerinitiierten Ausweichassistenz umfasst, die eine vom Fahrer initiierte Ausweichbewegung durch Überlagerung intensivieren oder bei Überreaktion des Fahrers auch abschwächt.

5.1.2 Level β

Im Level „Beta, römisch Zwei“ wird der Fahrer als Regler kurzzeitig ersetzt, um die erste Gefahr zu beseitigen. Es erfolgt ein fahrereretzender Eingriff mit dem Ziel der Auflösung unmittelbar wirksamer Gefahr durch den kurz wirkenden Systemeingriff. Die Fahrerübernahme ist im Anschluss erforderlich. Das wäre bspw. der Fall bei systeminitiiert eingreifenden Notbremsfunktionen. Vergleichbare, die Fahrerhandlung ersetzende Funktionen, sind auch in Bezug auf die Querverführung grundsätzlich dann denkbar, wenn eine Ausweichassistenz systeminitiiert ausweicht. In jedem Fall müsste der Fahrer/ primäre Regler im Anschluss unmittelbar die weitere Steuerung wieder übernehmen.

5.1.3 Level γ

Im Level „Gamma, römisch Zwei“ kommt zusätzlich die kontrollierte Fahrerübernahme im Anschluss an die Beseitigung der konkreten Gefahr hinzu. Hier erfolgt eine funktionsseitige Steuerungsübernahme zur Auflösung der konkreten Gefahr. Funktionsseitig kontrolliert erfolgt im Anschluss die Fahrerübernahme. Hier ist es denkbar, dass im Fall ausbleibender Steuerungsübernahme ein fließender Übergang zum Level Gamma, römisch eins erfolgt (vgl. dazu unten). Eine Erfassung dieses weiteren Ablaufes ist im vorliegenden Level nicht mehr sinnvoll möglich, weil die konkrete Gefahr mit der temporären Intervention sich erledigt hat, während das Ausbleiben der Steuerungsübernahme sich (nur) als abstrakte Gefahr qualifizieren lässt.

5.2 Funktionen der Wirkweise C für abstrakte Gefahr (I)

Die abstrakte Gefahr ist dadurch gekennzeichnet, dass der Fahrer/ primäre Regler sich nicht erwartungskonform verhält oder anderweitig nicht erreichbar ist (vgl. oben). Diese Level sind in der Spalte links in Bild 5.1 dargestellt. Die Untergliederung erfolgt ebenfalls nach dem griechischen Alphabet. Auch hier wird die der abstrakten Gefahr zugeordnete römische Ziffer Eins als Index geführt, um auf die Spalte „abstrakte Gefahr“ hinzuweisen. Als Zitierweise bietet sich deshalb bspw. „Level Gamma, römisch Eins“ bzw. „ γ_1 “ an.

5.2.1 Level α_1

Im Fall des Level „Alpha, römisch Eins“ wird der Fahrer durch einen korrigierenden, temporären Eingriff der Funktion unterstützt. Als systemseitiges Beispiel kann die korrigierende Spurhalteassistenz angeführt werden, die erst dann korrigiert, wenn das Fahrzeug bspw. droht, den befahrenen Fahrstreifen zu verlassen. Hier könnte man auch die übersteuerbare Ausprägung des „Intelligent Speed Management“-

System „ISA“ (Intelligent Speed Adaptation) einordnen, das die Fahrgeschwindigkeit auf das erlaubte Maß drosselt, sobald sie droht, überschritten zu werden.

5.2.2 Level β_i

Im Fall des Level „Beta, römisch Eins“ fällt der Fahrer/ Regler ganz aus oder kann nicht erreicht werden. In diesem Level hat nun die Funktion keinen umfassenden Überblick über die Verkehrssituation und überführt das Fahrzeug in einen – einfach gehaltenen – risikominimalen Zustand. Angesichts des Mangels an umfassender funktionsseitiger Übersicht über die Verkehrssituation wird eine Funktion dieses Levels stets auf die Kooperation dritter Verkehrsteilnehmer angewiesen sein.

5.2.3 Level γ_i

Im Level „Gamma, römisch Eins“ löst die Funktion die abstrakte Gefahr vollständig auf. Entweder wird ein guter risikominimaler Zustand hergestellt oder die Fahrt solange fortgesetzt, bis das möglich wird. Dieser Level der Steuerungsübernahme bei abstrakter Gefahr kann soweit führen, dass die Steuerung von einer Wirkweise B, Level 5 kaum noch zu unterscheiden ist (mit Ausnahme der positiv festgestellten Nichtverfügbarkeit des Fahrers).

6. FAZIT

Mit vorliegender Veröffentlichung wird ein erweitertes Verständnis von Fahrzeugautomatisierung vorgeschlagen, dass über kontinuierlich wirkende Automatisierung hinausreicht. Hervorzuheben ist die Erarbeitung einer in sich schlüssigen Struktur für Funktionen, die in unfallgeneigten Situationen wirken. Insbesondere diese Fallgruppe wird gleichberechtigt neben die bislang weithin bekannte Klassifikation von „kontinuierlicher Fahrzeugautomatisierung“ nach Levels, entwickelt durch die BAST, standardisiert durch die SAE, gestellt. Erst durch die Erweiterung können bestehende Unsicherheiten hinsichtlich der Zuordnung von Funktionen, die in unfallgeneigten Situationen wirken, aufgelöst werden. Es wird nachvollziehbar, wie bereits heute breit verfügbare Sicherheitsfunktionen (bspw. die automatische Notbremsfunktion) im Zusammenhang mit der Fahrzeugautomatisierung anzusiedeln sind. Zugleich erhöht dies die Sichtbarkeit von entsprechenden Funktionen, die nur temporär in unfallgeneigten Situationen eingreifen. Ein Effekt, der angesichts ihrer positiven Wirkung auf die Verkehrssicherheit höchst wünschenswert ist.

LITERATUR

- Donges, E. (2015).** ‚Fahrerverhaltensmodelle‘. In: Winner, Hakuli, Lotz, Singer (Hrsg.). *Handbuch Fahrerassistenzsysteme*, 3. Auflage. Springer Fachmedien, Wiesbaden.
- Esser, M. (2015).** ‘Automated Driving – Submitted by the Experts of OICA as Input to the IWG ITS/AD’. *4th Meeting of the Informal Working Group on “ITS/ Automated Driving”*. Berlin. Online verfügbar: https://www2.unece.org/wiki/download/attachments/25886757/%28ITS-AD_04-14%29%20OICA_TF_AD_Presentation_ITS_AD_Meeting_2015_06_15.pdf?api=v2 (Abgerufen am 28.08.2016)

- Gasser, T. et al. (2012).** Rechtsfolgen zunehmender Fahrzeugautomatisierung, Gemeinsamer Schlussbericht der BAST-Projektgruppe, *BAST Heft F83*. Wirtschaftsverlag NW, Bergisch Gladbach.
- Gasser, T.M.; Seeck, A.; Smith, B.W. (2015).** 'Rahmenbedingungen für die Fahrerassistenzentwicklung'. In: Winner, Hakuli, Lotz, Singer (Hrsg.). *Handbuch Fahrerassistenzsysteme 3. Auflage*. Springer Fachmedien. Wiesbaden.
- Gasser, T.M.; Auerswald, R. (2016).** ‚Vervollständigung der Landkarte Fahrzeugautomatisierung – Ein Diskussionsentwurf‘. Vortrag anlässlich des wissenschaftlichen Abschlussworkshop im Projekt UR:BAN, 18./19. Februar 2016, München.
- Gasser, T.M. (2015).** ‚Die Veränderung der Fahraufgabe durch Fahrerassistenzsysteme und kontinuierlich wirkende Fahrzeugautomatisierung‘. *DAR Heft 1*, S. 6-12.
- Rasmussen, J. (1983).** Skills, Rules, and Knowledge; Signals, Signs, and Symbols, and Other Distinctions in Human Performance Models. In: *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics* Vol. smc -13, No. 3.
- SAE International (2014).** *Standard J3016: Taxonomy and Definitions for Terms Related to On-Road-Motor Vehicle Automated Driving Systems*.
- Siedersberger, K.H.; Berger, S.; Bonarens, F; Eberle, U.; Faust, O.; Hohm, A.; Lattke, B.; Scholz, S.; Siegel, A.; Simm, N.; Töpfer, D.; Vetter, J.; Wagemann, T.; Wohllebe, T. (2015).** *UR:BAN-Teilprojekt „Kognitive Assistenz“, Teilprojekt „KAB“*.
- Urbaner Raum: Benutzergerechte Assistenzsysteme und Netzmanagement“ (2016).** BMWi-gefördertes Projekt mit dem Akronym „UR:BAN“. Abgerufen unter: www.urban-online.de.

THE ROAD AS AN INFORMATION PROVIDER FOR ENHANCED ADAS AND AUTOMATION

Ralph Lauxmann, Alfred Eckert, Bernd Hartmann

SUMMARY

This paper shows the role of sensing mapped to the information and attributes of the road, the road surface and its environment, extracting essential information and together with out-of-sight information of the ego vehicle, its current position on the road. This is by means of Car2Car and Car2Infrastructure communication, supplemented by information exchange with an intelligent backend, which is able to gather all kinds of relevant road characterizing data which is evaluated by the individual vehicles. This leads to modeling the road by the vehicle as part of a surrounding representation which plans the functional content according to the objectives, now including more road dependent data. Further action follows by executing the control of vehicle motion in respect to the identified countermeasure together with the human-machine-interface (HMI) in an assisted or in an automated way.

As an example it will be shown how road conditions can be sensed or observed as part of the sensing and road modeling. In addition to that, the safety function Road Departure Prevention RDP demonstrates the usage of extracted road characteristics. Furthermore this paper presents an outlook on the usage of a complex surroundings model with road, on-road static and dynamic information and road surface conditions as well as road boundaries to create multimodal lane estimation for automated driving.

1. ABSTRACT

Despite the continuous increase in road traffic in the last 10-15 years, statistics show a significant reduction in fatalities and serious injuries in the EU. The main contributors to this are the continuous improvement in active and passive vehicle safety measures, along with transportation policy and education.

The European Charter for Road Safety has the goal of halving fatalities by 2020 compared to 2010. Continental is one of the signatories to the Charter. The company's Chassis & Safety Division is supporting this goal with its integral safety approach.

Driver assistance systems such as Electronic Stability Control, Autonomous Emergency Brake and Lane Departure Warning provide support in critical scenarios but each system has its inherent physical limitations.

All these systems are based on the same chain of effects:

- comprehensive environment model based on vehicle surroundings perception (Sense). calculation of the necessary actions to keep the vehicle safely in its lane (Plan) control of the vehicle (Act)

Looking at automated driving functions, the requirements in terms of vehicle surroundings sensing are increasing significantly.

Therefore, a complex surroundings model is required that includes:

- information about the road surface condition
- information about the road, its lanes and boundaries
- the current vehicle position
- on-road static and dynamic information

utilizing internal sensors as well as external information from the cloud based on aggregated road data gathered by sensors in other vehicles.

This paper presents an example of how road information can be determined by road sensing and modeling. It also looks ahead to the possibilities for utilizing such a complex surroundings model to provide multimodal lane estimation for automated driving. Additionally the paper provides an outlook on the evolution of automated driving functions, from systems that only cover specific use cases for different driving scenarios to fully autonomous vehicles and the resulting requirements to such comprehensive environment model.

2. INTRODUCTION

Although traffic density has been increasing significantly in the United States, the European Union and Japan for more than a decade, the number of fatalities has significantly decreased over the same time frame. Along with transportation policy and road-safety education measures, the main contributory factors have been safety measures such as the continuous improvement in active and passive vehicle safety.



Figure 1: Continental's SensePlanAct approach towards Vision Zero

With its integral safety systems Continental has demonstrated that further development in road safety must comprise – in addition to the individual active/passive safety domains – in particular the integration of vehicle surroundings information, as well as the Human Machine Interface (HMI). The SensePlanAct approach covers the complete function chain to obtain a full understanding of the safety process, leading to tailor-made solutions based on integration of crash prevention and injury

mitigation measures, vehicle surrounding sensors, HMI and safety telematics, including driver assistance functions. In all this the road plays a major role in providing the necessary information to this function chain.

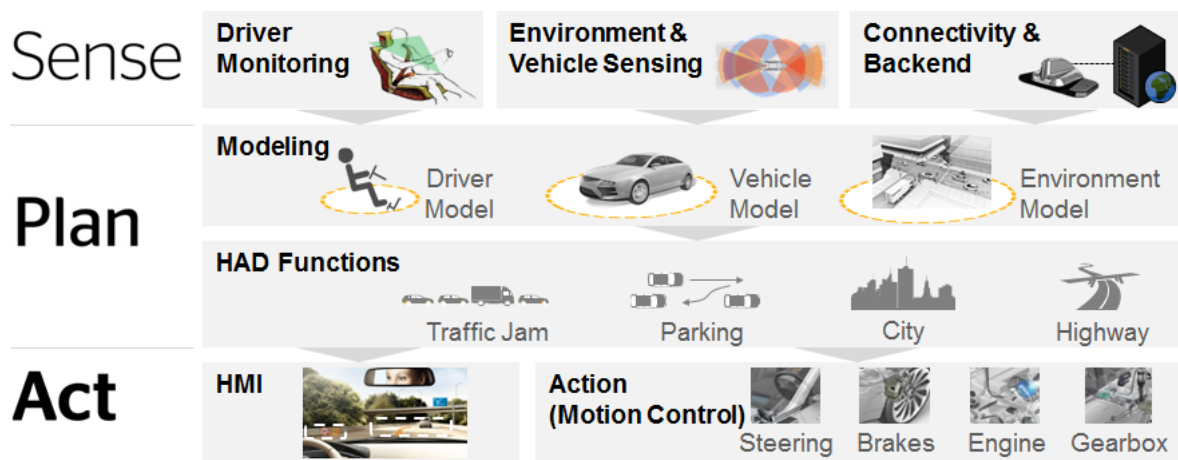


Figure 2: SensePlanAct – Chain of Effects From Simple Tracks to modern Transportation Routes

In prehistoric times, the tracks and pathways our ancestors used for hunting and transportation tended to coincide with natural landscape features. A knowledge of these tracks was an essential life skill for navigation and orientation. Very basic, but key road features were used: landmarks, characteristics of the track itself and factors such as the angle of elevation of the sun assisted with navigation and localization.

A milestone was reached when the Roman Empire began planning strategic routes for transportation and trading as well as for military purposes. The Romans used their technological knowledge and ability to design and build paved roads to reach important destinations safely and quickly, and to ensure general mobility. They established the first ever traffic regulations by separating pedestrians from road transportation, for example on the Via Appia. They also introduced bridges and straight roads to ease transportation and shorten journey times.

It took time to improve these Roman roads to the standard needed for the first motorcars at the beginning of the last century. It was soon clear that the car had the potential to revolutionize mobility but that well-defined roads are needed to allow increased speed and traffic volumes, as a basis for personal mobility.

More and more traffic rules were necessary and had to be learned by the driver to prevent chaos on the roads and ensure safety, whether on extra-urban highways or for the more complex situations we are facing in cities today.

3. FROM ASSISTED TO AUTOMATED DRIVING

Besides the reduction of traffic fatalities, the improvement of the air quality, the aging society as well as the daily loss of time in traffic jams during commuting are global challenges that are addressed by automated driving. Automated driving will be one

important building block to make future mobility safer, more efficient and more comfortable. The path towards seamless mobility is one the one hand side driven by the continuous evolution of todays existing vehicle concepts and one the other hand side accelerated by revolutionary concepts like self driving cars for the city. Finally both solutions will integrate into seamless mobility.

With our Cruising Chauffeur we offer – for example – an auto pilot for highway and secondary roads that supports the driver on longer distances and allows the driver to relax during daily commute. There will be also an increasing degree of automation at lower speeds when it comes to parking. New driving functions will take over the stressful parking from you starting with remote parking in parking spots or your garage continuing with trained parking and finally managing parking on parking lots or decks autonomously (valet parking). As well searching for a parking space will become much easier because information about free parking areas will be provided to the car by respective backend services. With Self-Driving Cars (Robo-Cabs) – that are expected to represent a significant market share of worldwide individual mobility in the future – we focus also on new forms of future urban mobility (last mile concepts) (Figure 3). Robo-Cabs are offering individual mobility in cases where neither other public transportation solutions are available or possible nor suitable.

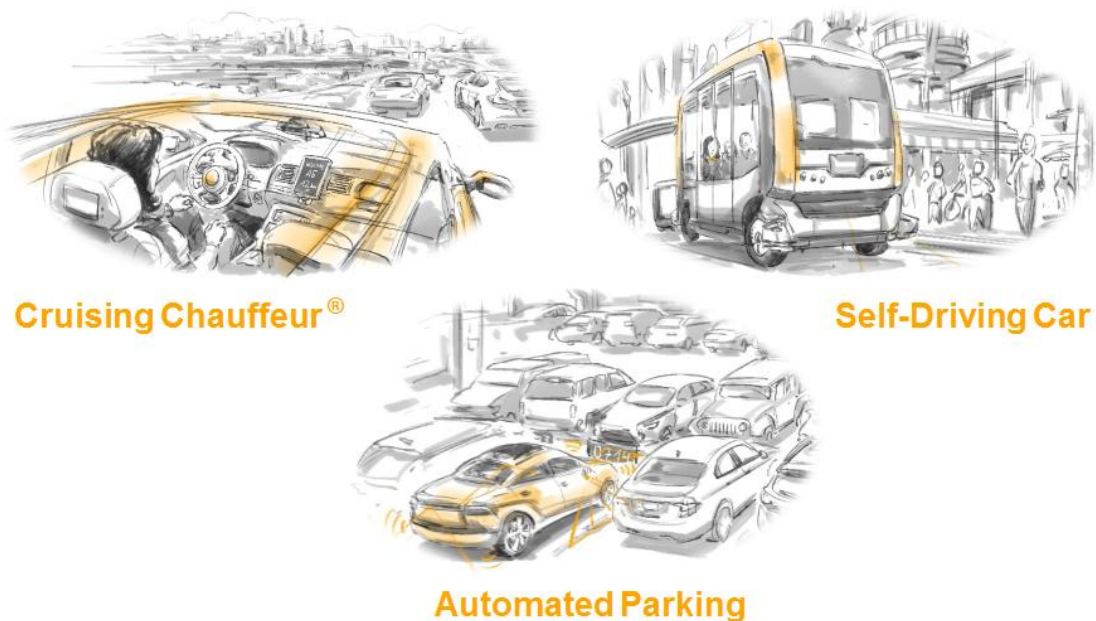


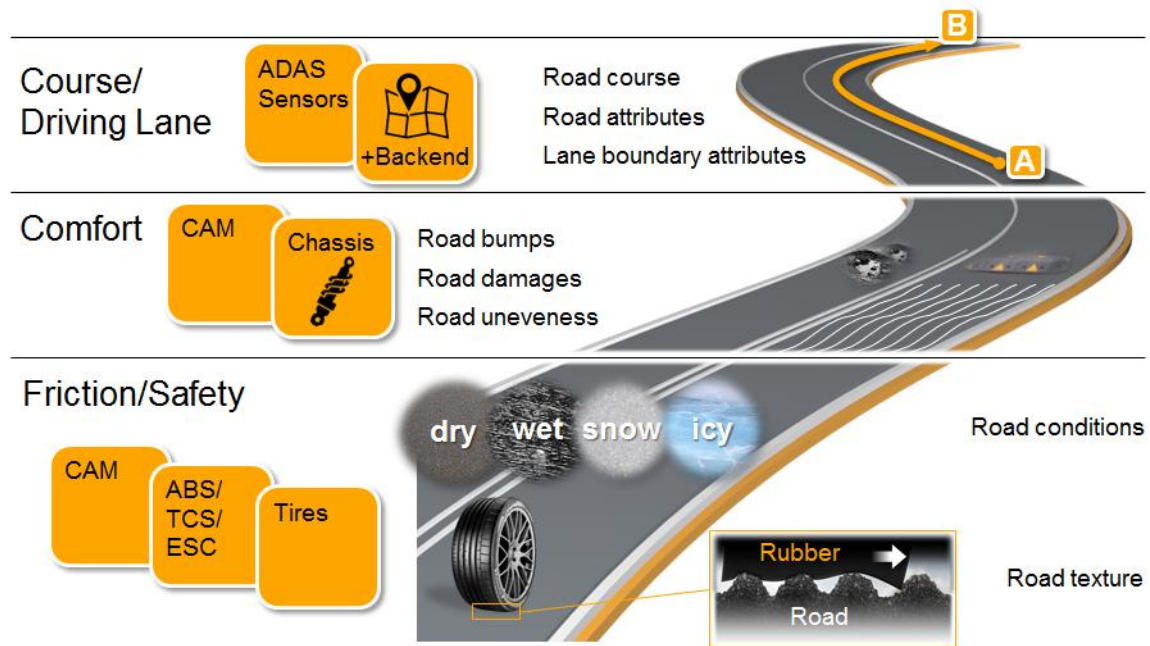
Figure 3: Automated Driving – Seamless Mobility

All in all, automated driving will generate major benefits to society:

- Less fatalities by further increased Safety (Vision Zero)
- Less emissions by Connected Energy Management
- Improved individual mobility by new mobility concepts
- Shorter commuting times due to smoother traffic flow

4. INFORMATION FROM THE ROAD

In addition to the course of the road, which is probably its most important attribute, the construction method, the materials used and surface properties have a direct impact on the appearance and characteristics of a given road surface. Non-uniformities in terms of micro-, macro- and mega-texture and long-wave unevenness affect a variety of safety-critical and comfort-relevant vehicle and tire characteristics and properties (Figure 4). This information can be extracted by a variety of vehicle and sensor systems and integrated into dedicated control functions.



ABS: Anti-lock Brake System, ADAS: Advanced Driver Assistance Systems, AEB: Advanced Emergency Braking, CAM: Multi Functional Camera, ESC: Electronic Stability Control, TCS: Traction Control System

Figure 4: Road surface attributes clustered in different frequencies

While tire characteristics such as tire/road friction and tire wear mainly occur at short wavelengths from 10^{-3} mm up to 10^1 mm, comfort properties are determined at longer wavelengths, in the road surface unevenness range above 10^2 mm. Rolling resistance as well as tire/road noise occur in the mid-wavelength scale in the macro- and mega-texture range from 10^0 mm up to approximately 10^3 mm (where 10^2 mm is roughly the length of a tire footprint). This is why safety-critical and comfort-relevant road conditions based on these road texture attributes, together with road course information, are of vital importance for road modeling, forming an important part of the comprehensive surroundings model.

4.1 Road Conditions

The term road condition often leads to misunderstandings because it has a double meaning. “Road condition” is used to describe both the road surface friction and also the profile or unevenness of the road. Both aspects are of vital relevance for vehicle safety on the one hand and vehicle comfort on the other, and will be examined in detail in the next two sections.

4.1.1 Road Surface Friction Potential

Road surface friction is undoubtedly one of the key factors when it comes to vehicle safety. It is not primarily the utilized friction which is important but the maximum friction potential (available friction) of the tire/road combination. The complex interaction of both friction partners, the tire and the road surface, is illustrated in Figure 5.

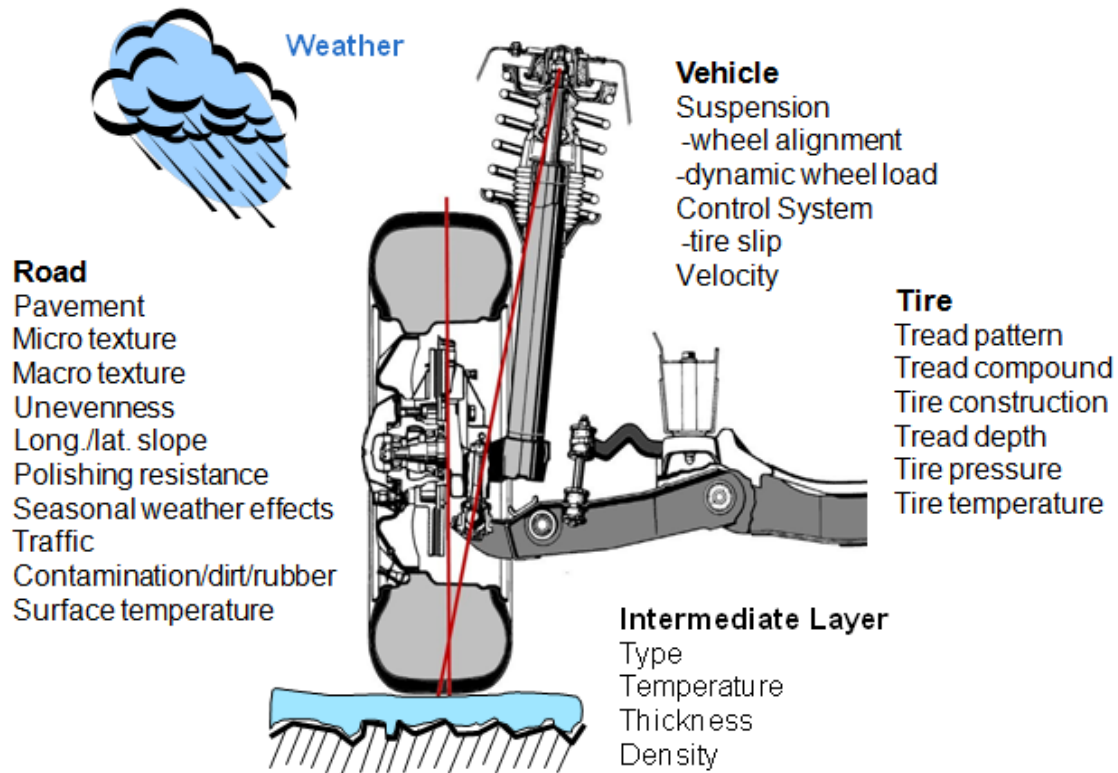


Figure 5: Complex tire/road interaction

The different variables can be clustered into four main groups: the road, the tire, the vehicle parameters and last but not least weather-related variables. The road surface factors, including type of pavement, material-related polishing and resistance characteristics and non-uniformities at different wavelengths, along with contamination issues and seasonal weather and traffic effects, have a major influence on the friction level in dry and wet road conditions. The main variables for the tire are the tread pattern and compound as well as the tire design and not least tread depth, especially on wet roads. In the third group, various vehicle parameters influence the road/tire friction indirectly. The suspension system controls for example parameters such as toe and camber angle, which have a major impact on the size and shape of the tire footprint in dynamic maneuvers and therefore on the pressure distribution in the tire footprint area. Control systems such as Anti-lock Brake Systems (ABS), Traction Control Systems (TCS) or Electronic Stability Control (ESC) control the tire slip and relative sliding velocity during a dynamic vehicle maneuver performed at close to the tire's maximum friction potential, based on the characteristic μ /slip curve.

Definitely the most important group of variables for tire/road friction has to do with the possible presence – and type – of an intermediate layer between tire and road

surface. If there is an intermediate layer made up of water, snow or ice, the tire will partly or completely lose direct contact with the road, resulting in significantly reduced friction potential. This is the reason why the most obvious approach to classifying the tire/road friction potential is to detect if there is an intermediate layer on the road or not.

For this task a driver assistance camera assessing the area directly in front of the moving vehicle can be used, as one of the most promising optical sensor approaches. A maximum of four classes of road conditions – dry, wet, snow-covered or ice-covered – is defined. For this task a common classification framework with a three-step processing pipeline system with selection of the region of interest, an extraction of the appropriate features and finally the classification into the four road condition classes was developed.

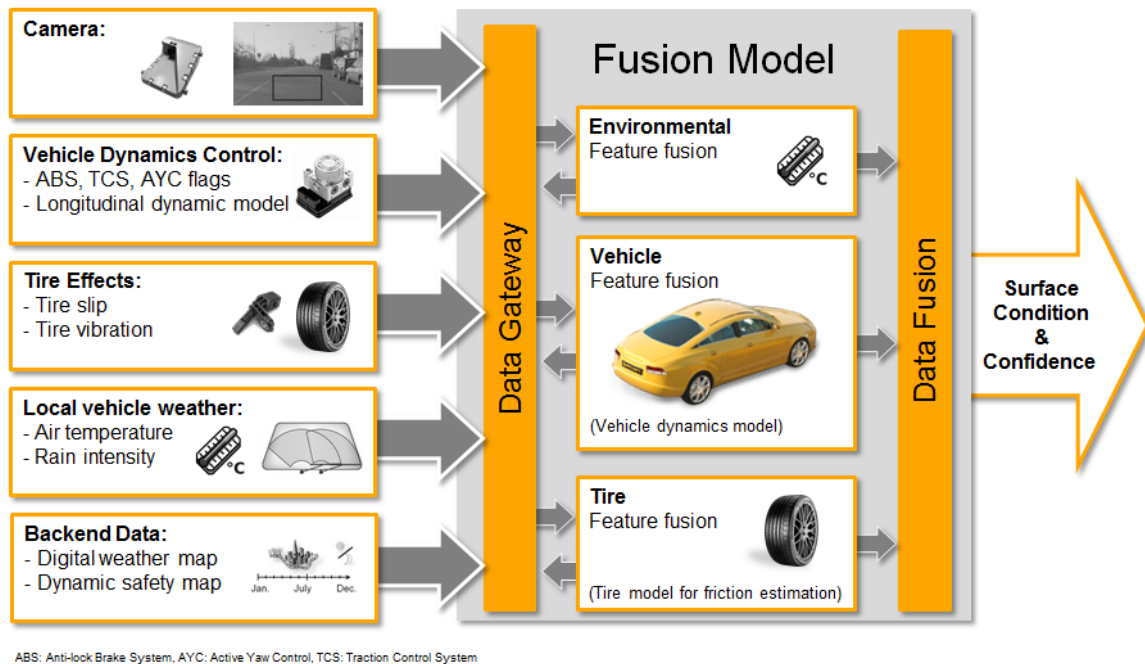


Figure 6: Road Condition Observer – Fusion Model

In addition to the camera-based road condition classification several other “sensor” inputs need to be integrated into the comprehensive fusion model for road condition and friction class estimation. Electronic Stability Control ESC with its sub-functions Anti-lock Brake System (ABS) and Traction Control System (TCS) can be used to provide additional information on the available friction potential. In the event of a control intervention, input about the calculated friction value between tire and road surface is thus available. This is the most accurate sensor information that can be integrated, and also offers the most sustained availability. Also very valuable is any information about the tire status. This can be derived by dedicated tire sensors but also by the integration of tire effects, such as tire slip or tire vibration due to the interaction of road surface and tire tread. Air temperature and rain intensity for example are detected by vehicle sensors and clustered as local weather information. Regional weather information as well as aggregated and mapped road condition information from other road users will be supplied by backend information and V2X communication (Figure 6).

Besides improved accuracy the two main benefits of the scientifically based comprehensive fusion model are higher robustness and in particular the better availability of the friction estimation. The output provided by this model is very simple: the road condition/estimation of a friction class, together with an overall confidence value.

4.1.2 Road Surface Profile

No road is just plain flat. The road surface unevenness can be seen as a summary of different wavelengths, mainly in its longitudinal direction. Driving in a vehicle causes vertical disturbances, which vary depending on the velocity of the car and which result in movement of the wheels and body based on the characteristics of the suspension system. To ensure that the suspension responds in a way that will maximize comfort and safety, a forward-looking camera for predictive surface unevenness detection is required.

Standard active or semi-active suspension systems are able to react to the measured disturbances via disturbance-induced accelerations and displacements. Based on the measured track at the two front wheels, a counteracting setup of the rear suspension can be generated. More forward-looking information can be gathered from camera-based visual analyses, e.g. making use of image disparity. This is utilized to create a model of the road profile ahead (Figure 7). With this model it will be possible to act on the suspension elements before contact with road irregularities or to prepare to respond to disturbances with minimum impact on comfort or safety.

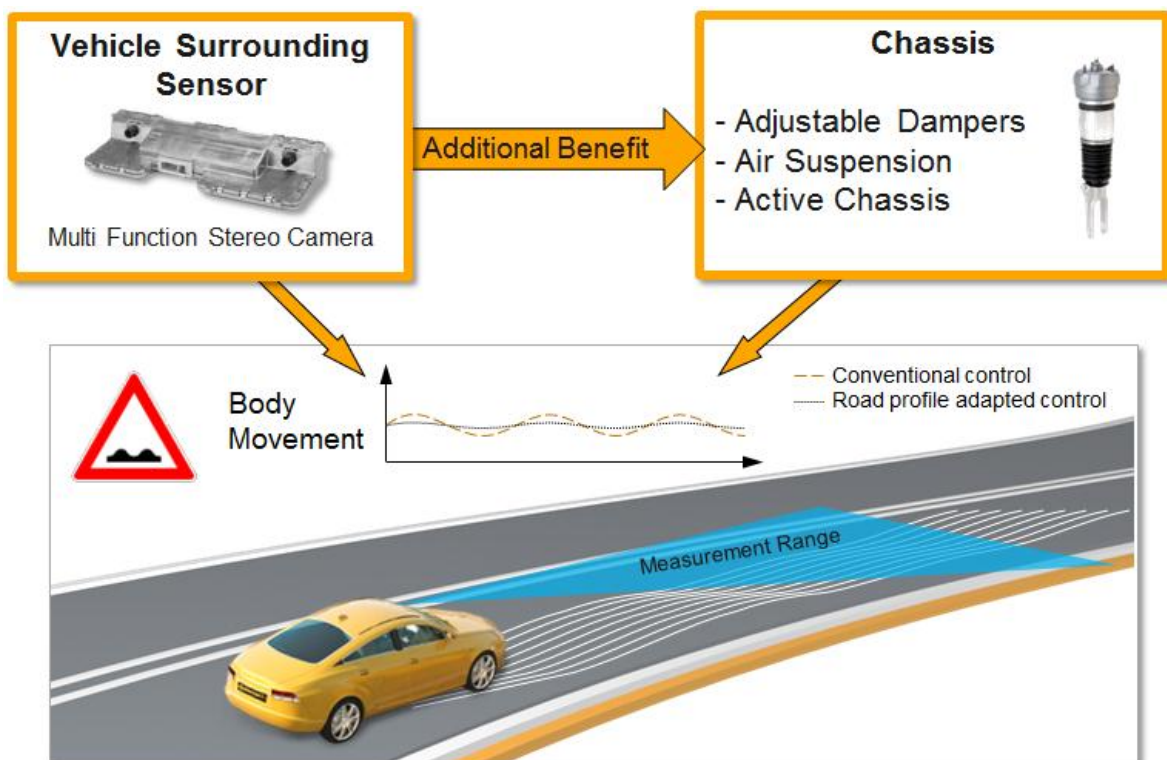


Figure 7: PreView Suspension with surroundings sensors

In addition to the use in real time within the host vehicle, the road profile information can be classified – e.g. with regard to major road irregularities – and stored in the road model, creating a map of driven distances which can then be used in a global

map. This is done by sending the data to a backend and sharing it with other vehicles via ITS services.

4.2 Road Course

Besides the road condition information, it is important for supporting ADAS or automated functionalities to identify the two-dimensional characteristics of the road as a curved plane. The limits of the road in the lateral dimension, expanded by the longitudinal pathway in a clothoid form and filled with markers and other visual information, characterize the plane of the road.

A camera image offers a large variety of information for detecting road markings, visual information and road edges or boundaries. Road markings can be found by using an edge image which contains pixels with a significant gradient of saturation, e.g. the transition from the black asphalt to the white marking leads to a strong image gradient. For the road marking detection the gray-value image from the camera is used as an input for the detection algorithm. Color information identifies special information distinct from that provided by the normal gray-oriented detection. Other visual information within the plane of the road, such as arrows and different sizes of lines and markers, can be extracted in a similar way via suitable classifiers. The transition from the mostly homogeneous asphalt to the non-homogeneous road shoulder is a strong visual feature too. However, this change is not directly visible in an edge image; the image has to be preprocessed into areas with high and low texture information. The road edge is characterized by the transition from asphalt to turf, as well as by marker information. In general, the asphalt exhibits a more homogeneous texture (Figure 8). However, damage or repairs to the asphalt negate the assumption of homogeneity, but such areas can be assumed to be local, with limited dimensions. Nevertheless, changes in texture in combination with advance knowledge about the positions of the road markings result in reliable vision-based road boundary detection.

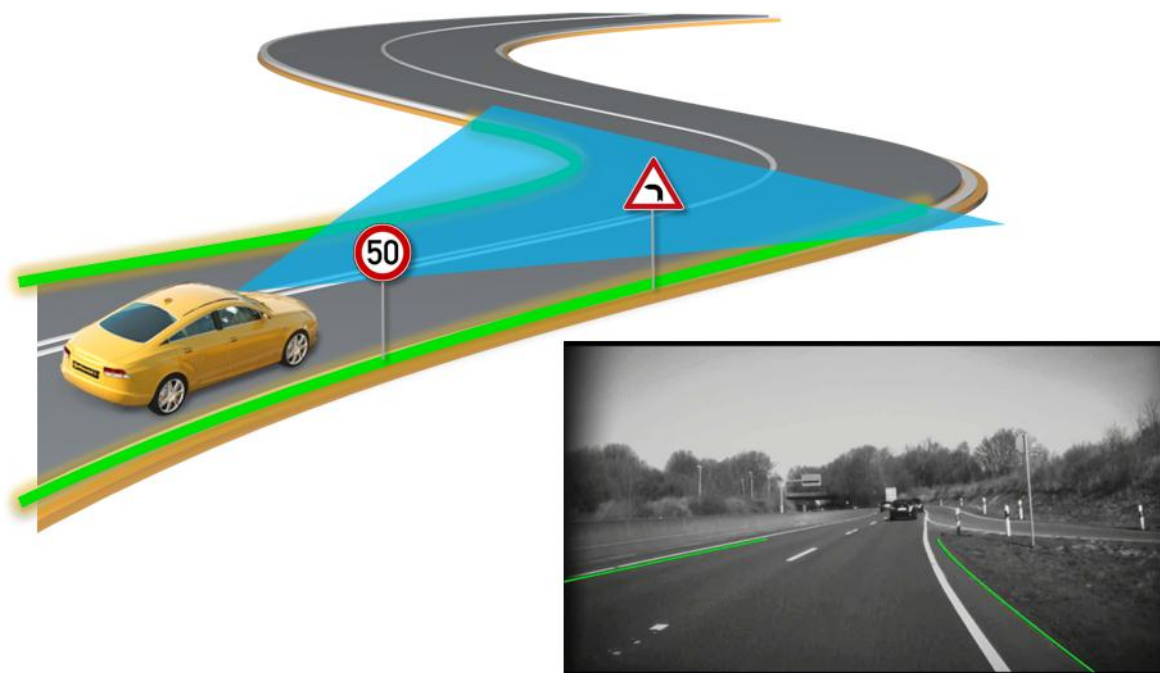


Figure 8: Road Boundary and Road Sign Recognition

3D information based on the stereo or pseudo-stereo effect makes it possible to identify types of road-limiting characteristics like curbstones or guard rails, thereby supporting detection of the road limits and identification of free and navigable road space.

The radar sensor has become an important input device for advanced driver and assistance systems (ADAS). In the context of road characteristics the focus for radar targeting is not on the detection of other road users but on the detection of guardrails or other boundaries. This implements a redundant path to the camera. Today's radar systems allow 3D information to be added to the road shoulder region identified by the camera, like grass, bushes, guardrails, curbstones etc. A priori stationary obstacles can be identified, localized and placed in the grid of the road plane ahead.

The final step is the fusion of features, objects and selected boundaries for these sets to obtain a left- and a right-fused road boundary. This leads to an accurate road boundary description by taking the distance measurement from the appropriate radar sensor and the road profile from a vision-based system. Clothoids can be generated to provide a description of the road within the grid of the environmental model and as part of this model, filled with free-space information generated from mono and stereo camera analyses, as well as with the markers and other visual features relating to traffic regulations.

4.3 Range of View Enhancement

A knowledge of the road with all its local and global attributes is very important for many functionalities in highway and city driving related to safety, comfort and eco functions or improved vehicle control performance. The ability to look around the corner based on V2X direct communication or via the use of eHorizon or backend technologies greatly improves information density and results in many customer benefits, “virtually” extending the range of sight of the vehicle-based sensors (Figure 9).

Conversely the backend can collect and aggregate input from different vehicles to update the map. Very local or sudden incidents can be transmitted directly between cars (mainly for safety reasons). To make use of this data a function-related precise localization is needed.

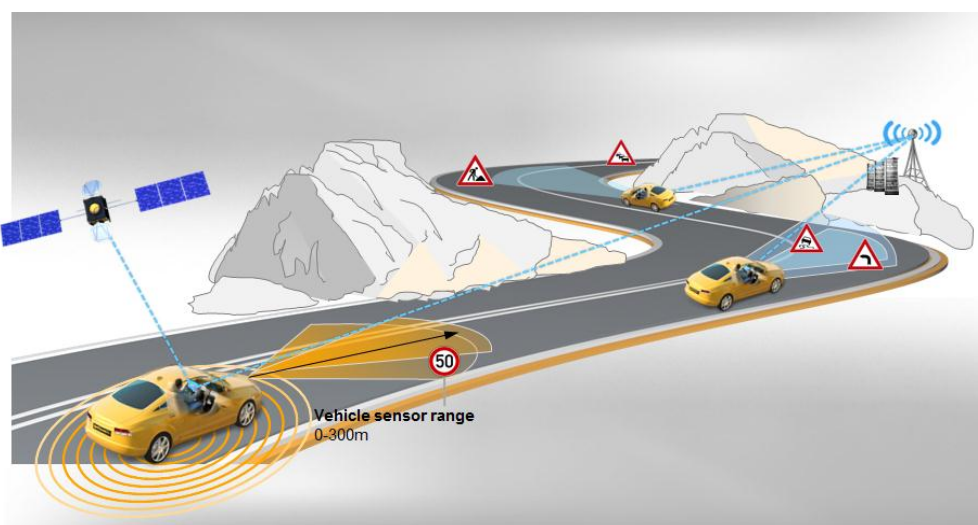


Figure 9: Dynamic eHorizon & V2X – the vehicle looks around the corner

5. THE ROAD AS PART OF THE ENVIRONMENT MODEL

The goal of the environment model is to provide a consistent model of the vehicle's surroundings to support ADAS functions and automated driving. It therefore combines the output of several surroundings sensors, such as radar, lidar and cameras, using data fusion and signal processing. The environment model currently under development at Continental consists of several sub-models.

5.1 Structure of the environment model

Road users comprise entities such as passenger cars, trucks, bikes or pedestrians. They are fused using state estimation methods such as Kalman filters, cross-referenced to the lanes detected by the corresponding environment model block, and presented as a list of objects. The static environment comprises generic static obstacles, as well as the free and navigable space in the vehicle's surroundings. The road boundary is one border of the navigable free space, which is formed, for example, by guardrails as described above and which can be extracted from the static environment representation, like occupancy grids on lower fusion levels.

Information about traffic regulations includes elements like road signs, traffic lights or ground arrows. Data is fused between sensors and the results are presented as a list of objects.

Map localization has the goal of providing the vehicle's position for ego motion compensation during sensor data processing and fusion.

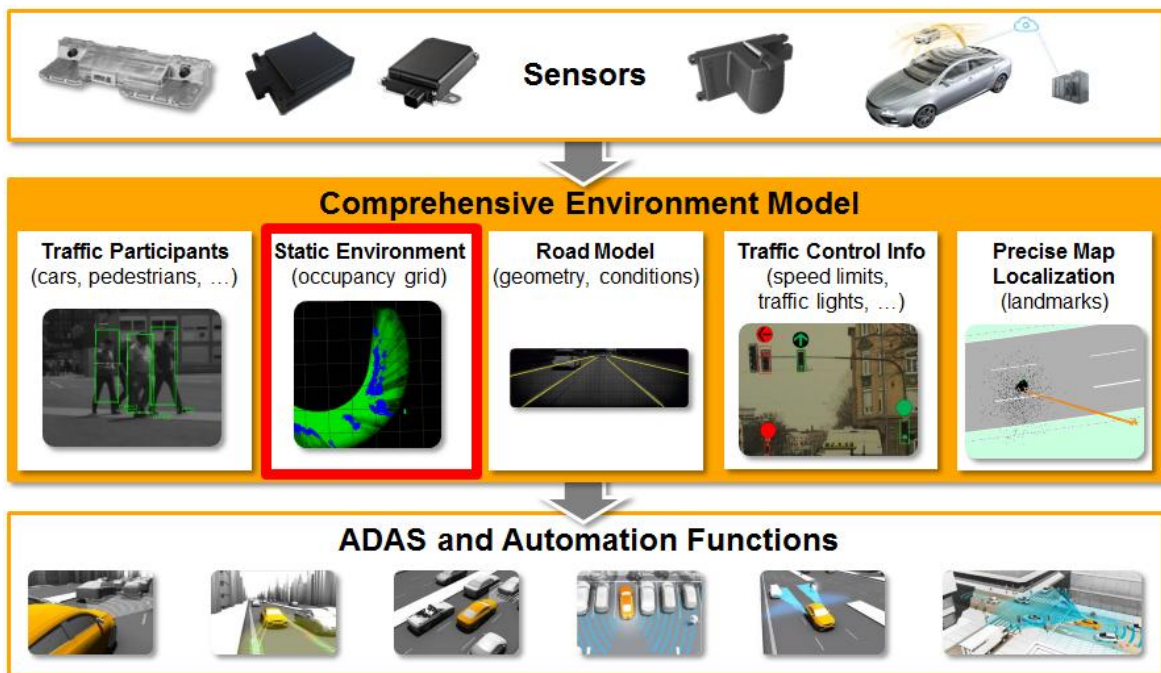


Figure 10: Comprehensive Environment Model

The absolute position is a fusion of odometry and GPS/GNSS information and is used to obtain information from a digital map such as landmarks that can be detected by the sensors. Digital map data can be transformed into vehicle odometry coordinates for sensor data fusion. The map generated by the environment sensors will be fused with map data in a data fusion step. The map data fusion extends the

sensor field of view by combining map data with the sensor-based environment representation (Figure 10).

5.1.1 Road Model as a Fundamental Part of the Environment Model

The road model describes the geometry of the road, which consists of lanes and road boundaries or limits like guardrails or walls. Lanes are a partitioning of the road surface either explicitly provided by lane markings or derived as “virtual lanes” from preceding vehicles and other features. Road boundaries are derived from the static environment description. The road is represented as several connected road segments. This is necessary because of road changes, e.g. lanes starting/ending or due to an entry or an exit. Each segment represents the road geometry as a list of lane marking and road boundary characteristics. Traffic control information, such as speed limits, is represented as a list of properties associated with the different lanes. At this point other types of properties can be included in the representation, such as road friction information, long wave roughness or surface type.

The road geometry fusion is performed with virtual lane features created from trajectories of other vehicles and other indirect features, lane features created by lane scanning using the mono or stereo camera and possibly also lane features derived from lidar sensors. The features are fused and clustered, and plausible individual lane courses are extracted, along with the road configuration, such as the number and order of the lanes. The benefit of sensor-based road geometry fusion is increased robustness, reliability and range compared to state-of-the-art mono-camera-based lane detection. Finally the sensor-based road geometry can be fused with a high-definition map for even greater range.

6. SUMMARY & OUTLOOK

This paper demonstrates what kind of information can be derived from the road and provides some examples of how it can be used to further improve both road safety and driving comfort. In the area of ADAS (Advanced Driver Assistance Systems) and stability and chassis control functions, several applications can directly benefit from dedicated road information. For manual driving it is the task of the driver to draw the right conclusions from the visual appearance of the road – in particular road course, profile, texture and condition. This information is used to safely drive the vehicle along the road and to adopt the most appropriate driving style.

Road surface friction information can be profitably integrated in different kinds of “safety ADAS” and also in “comfort ADAS” systems. One of the most feasible examples is integration into AEB (Autonomous Emergency Brake) systems. The point-to-brake depends to a significant extent on the tire/road friction potential. On wet roads, for example, the system has to autonomously intervene much earlier than on high-friction dry roads to avoid a collision. For functionalities such as Emergency Steer Assist the knowledge of road and lane boundaries is essential to calculate the amount of space available for evasive action to avoid obstacles and other road users. In the case of “comfort ADAS” the road friction information can also be integrated into the ACC (Adaptive Cruise Control) function to adapt the distance or the time-lag from a preceding vehicle in line with the tire/road friction and weather conditions.

When the time comes for highly automated driving functionalities, the driving task will have to be completely taken over by the automated system. In this case the

integration of road information is no longer just “valuable” but a “must”. The automation system has to safely guide the vehicle along the road course within the given individual lanes, while taking account of traffic regulations and other road users. It therefore has to precisely detect the road course including its boundaries. And for speed, time-lag and driving style adaptation the friction potential of the tire/road combination has to be estimated. At the very least, the system must ensure that the vehicle can anticipate and avoid any safety-critical situations.

REFERENCES

- Amthor, M.; Hartmann, B.; Denzler, J. (2015).** Road Condition Estimation based on Spatio-Temporal Reflection Models. *GCPR*. Aachen.
- Claus, S.; Viehof, M.; Winner, H. (2015).** Analyse der Regelstrecke semiaktiver Fahrwerkregelungen hinsichtlich des Potenzials von Preview-Fahrbahninformationen für den Reglerentwurf. *VDI Reifen-Fahrwerk-Fahrbahn*, Hannover.
- Grewe, R.; Hohm, A.; Lüke, S. (2014).** An efficient environmental model for automated driving“ 14. *Internationales Stuttgarter Symposium - Automobil- und Motorentechnik*. Stuttgart 2014.
- Jarisa, W.; Henze, R.; Küçükay, F., Hartmann, B. (2016).** Sensitivitätsanalyse von Fahrerassistenzsystemen in Bezug auf Fahrbahnzustände. *AAET 2016*. Braunschweig.
- Klempau, F. (2003).** *Untersuchungen zum Aufbau eines Reibwertvorhersagesystems im fahrenden Fahrzeug*. Dissertation aus dem Fachgebiet Fahrzeugtechnik; Technische Universität Darmstadt.
- Lauxmann, R. (2015).** SensePlanAct – The Role of the Chassis“ *chassis.tech plus 2015*; München.
- Winner, H.; Hakuli, S.; Wolf, G. (2012).** *Handbuch Fahrerassistenzsysteme – Grundlagen, Komponenten und Systeme für aktive Sicherheit und Komfort*. 2. Auflage; ATZ, Vieweg & Teubner.

MENSCH-FAHRZEUG INTERAKTION BEI ZUNEHMENDER AUTOMATISIERUNG – WIE ERFÜLLEN WIR DIE TECHNOLOGISCHEN ANFORDERUNGEN?

Dietrich Manstetten

ZUSAMMENFASSUNG

Der Wandel von manuellem zu vollautomatischem Fahren verändert grundlegend die Rolle und Aufgaben des Fahrers im Fahrzeug. Dabei sind die Zwischenschritte der Assistenz, Teilautomatisierung und Hochautomatisierung durch eigenständige Aufgabenprofile beschrieben. Die Anforderungen an die technische Umsetzung der Fahrer-Fahrzeug Interaktion entstehen zuallererst aus der Anforderung des sicheren Fahrens, werden aber auch durch die Wünsche der Nutzer des automatisierten Fahrzeugs bestimmt.

Im Beitrag wird die technische Entwicklungsaufgabe der Fahrer-Fahrzeug Interaktion im automatisierten Fahrzeug anhand von fünf zentralen Fragestellungen beleuchtet: 1) Wie kann das Fahrzeug dem Fahrer helfen, während der automatisierten Fahrt das Zusammenspiel zwischen Fahr- und Zusatzaufgabe situationsgerecht zu gestalten? 2) Welche Rolle können Technologien der Fahrerbeobachtung spielen, welche Informationen über den Fahrer sind bei der automatisierten Fahrt relevant? 3) Wie ist der Übergang von der Automatisierung zu manuellem Fahren zu gestalten, und wie schnell und korrekt werden Fahrer eingreifen? 4) Können Fahrer während der Fahrt mit dem System kooperieren, und welche Kooperation ist zwischen dem automatisierten Fahrzeug und anderen Verkehrsteilnehmern erforderlich? 5) Welche neuen Methoden sind für die Untersuchung der Human Factors Aspekte bei automatisiertem Fahren erforderlich, etwa im Hinblick auf Langzeitverhalten?

Die Fragen können im Beitrag nicht erschöpfend beantwortet werden; einzelne Aspekte werden mit konkreten Ergebnissen verdeutlicht. Einen besonderen Schwerpunkt nehmen dabei Themen zum Fahrerszustand und zur Fahrerbeobachtung ein. So werden empirische Ergebnisse präsentiert, die bei teilautomatisiertem Fahren die Auswirkungen einer „hands-on“ Anforderung auf die Übernahmeleistung mit einer „hands-off“ Freigabe vergleichen. Die Auswirkungen von Nebentätigkeiten auf die Vigilanz werden im Kontext der Hochautomatisierung dargestellt. Fahrerleistungs- und Fahrerverfügbarkeitsmetriken aus dem Förderprojekt KoHAF helfen bei der Einschätzung der Anforderungen und Ergebnisse.

1. EINLEITUNG – VOM MANUELLEN ZUM VOLLAUTOMATISCHEN FAHREN

Die Einführung höherer Automatisierungsgrade bei der Fahrzeugführung verändert grundlegend das Aufgabenspektrum des Fahrers. Er wird dabei vom Operator des Fahrzeugs zunächst zum Überwacher der Fahrzeugaktionen, und bei weiter fortschreitender Automatisierung dann im Sinne der Fahraufgabe zum passiven Passagier. Die existierenden Definitionen für die Stufen des Automatisierten Fahrens sind im Wesentlichen konsistent miteinander und konzentrieren sich aus der Sicht

der Mensch-Maschine Interaktion auf die Beschreibung der Aufgabe des Fahrzeugführers. Bild 1 zeigt ein Beispiel einer derartigen Definition aus (VDA, 2015).

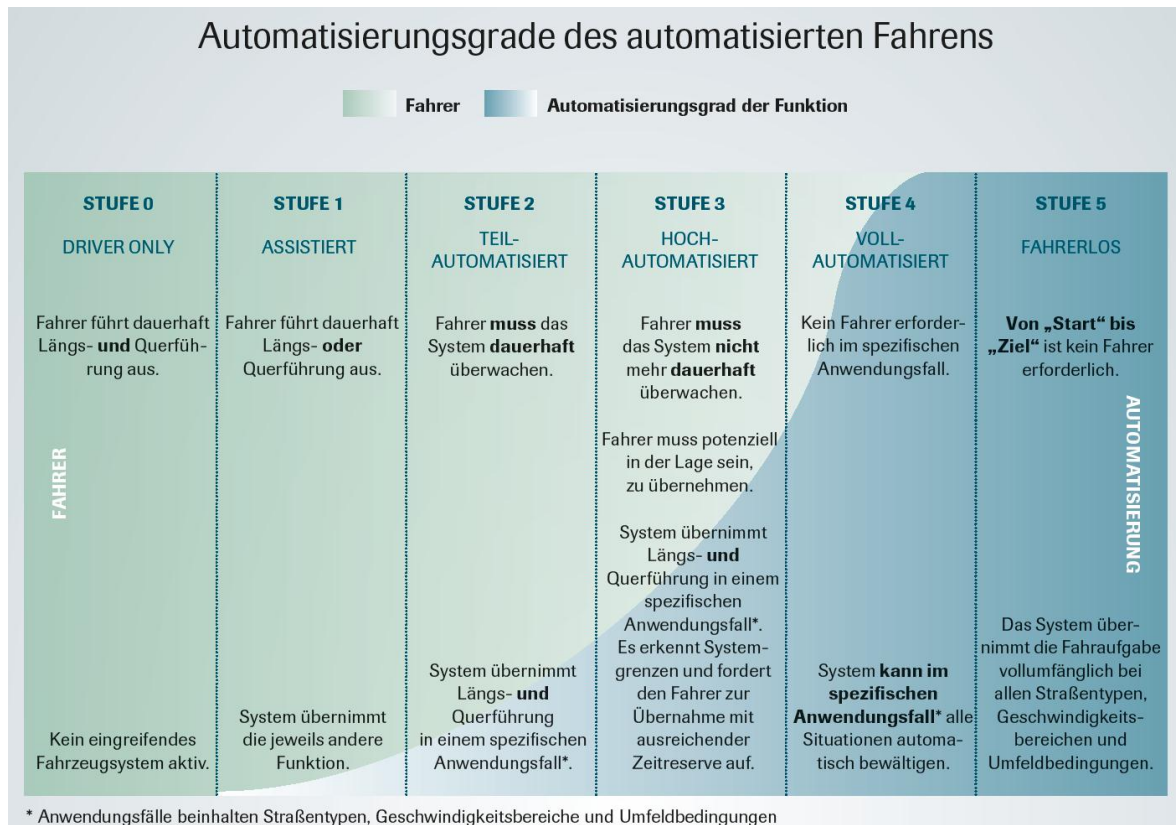


Bild 1: Definition der Automatisierungsgrade des automatisierten Fahrens
Quelle: (VDA, 2015)

Der zentrale Treiber für die Einführung automatisierten Fahrens ist aus der Sicht der politischen Ebene die Erhöhung der Verkehrssicherheit; die Reduzierung der Unfallzahlen kann durch die Vermeidung menschlicher Fehler erreicht werden. Aus der Perspektive der Fahrzeugbesitzer und –nutzer ist dagegen das Sicherheitsargument eher zweitrangig. Damit automatisiertes fahren für die Anwender attraktiv ist, muss aber ein klar identifizierbarer Nutzen damit verbunden sein. Verschiedene Befragungen sehen den vornehmlich in der Nutzung der Zeit im Fahrzeug. Wenn diese nicht mehr durch die Anforderungen der Fahraufgabe dominiert wird, rücken andere Möglichkeiten in den Vordergrund; vom ungestörten Musikhören, über Gespräche mit dem Beifahrer oder Telefonate bis zum effizienten Erledigen von Arbeitsaufgaben oder dem Internetzugang. Beispielhafte Ergebnisse aus Nutzerbefragungen in 7 Ländern hat etwa die Mobilitätsstudie (Continental, 2013) aufgezeigt.



Bild 2: Nutzerbefragung zur Attraktivität des Automatisierten Fahrens
Quelle: (Continental 2013)

2. DIE „BIG FIVE“ – HMI HERAUSFORDERUNGEN FÜR AUTOMATISIERTES FAHREN

HMI Untersuchungen zum manuellen und assistierten Fahren sind seit langer Zeit Gegenstand der Human Factors Forschung im Automobil. Beispiel eines größeren Projekts in diesem Kontext war das 2016 abgeschlossene vom BMWi unterstützte Förderprojekt UR:BAN MV „Mensch im Verkehr“. Eine kurze Übersicht zu diesem Projekt findet sich in (Manstetten et al, 2013), eine ausführliche Ergebnisdarstellung erfolgt in (Bengler et al, 2017).

Die nutzergerechte Realisierung automatisierten Fahrens stellt die Entwicklung aktuell vor neue Herausforderungen. Wir fassen diese HMI Herausforderungen als die „Big Five“ zusammen. Diese HMI Anforderungen ergänzen die typischerweise rein technischen Anforderungen, die im Hinblick auf Lokalisierung, Umfeldwahrnehmung, System-Architektur, Validierung oder Security bestehen. Die HMI Anforderungen sind im Detail in Abhängigkeit vom jeweiligen Automatisierungsgrad unterschiedlich ausgeprägt. Zu den von uns betrachteten Big Five gehören:

- **Gestaltung der Automatisierungs-Phase**
Während der Automatisierung müssen die dadurch ermöglichten nicht-fahrbezogenen Aufgaben bestmöglich in das Fahrzeug HMI integriert werden, um die Nutzung möglichst komfortabel zu gestalten. Gleichzeitig soll aber auch während der Automatisierung die Orientierung auf die Fahrszenarie so gestaltet werden, dass eine eventuell erforderliche Übernahme möglichst

rasch und fehlerfrei verlaufen kann. Hierbei können etwa Head-up Displays eine besondere Rolle spielen, indem sie als Schnittstelle vom Fahrzeug in die Fahrszene genutzt werden können. Wie ist der aktuelle Zustand der Automatisierung, welche Objekte werden gesehen und wie werden sie voraussichtlich weiter agieren?

- **Fahrerbeobachtung**
Durch das sich wandelnde Aufgabengebiet des Fahrers wandelt sich auch der Fokus einer Fahrerbeobachtung. Kommt es bei manuellem Fahren und im Wesentlichen auch noch bei teilautomatisiertem Fahren vornehmlich auf Aufmerksamkeit des Fahrers an, so ist im Kontext der Hochautomatisierung das Situations-Bewusstsein bzw. die Übernahmebereitschaft von besonderer Bedeutung. Um diese Fahrzustände erfassen zu können, stehen verschiedene Messkanäle und damit Sensorkonzepte zur Verfügung; etwa vom EEG über physiologische Kanäle bis hin zur aktuellen Handhaltung. Besondere Bedeutung haben derzeit videobasierte Systeme zur Fahrerbeobachtung. Das Themengebiet wird im Folgekapitel intensiver beleuchtet.
- **Übernahme-Situation**
Die Übernahme-Situation als solche ist häufigster Gegenstand von Untersuchungen im automatisierten Fahrzeug. Wie schnell kann die Übernahme bewältigt werden, aber auch wie gut ist die Fahrleistung während und nach der Übernahme. Die Suche nach einer einzigen Zahl zur Übernahmedauer scheint wenig aussichtsreich, da Geschwindigkeit und Dauer von vielen Aspekten der Situations-Komplexität abhängig sind. Auch die Untersuchung geeigneter Warn-Konzepte zur Anzeige der Übernahme-Aufforderung gehört in diesen Block.

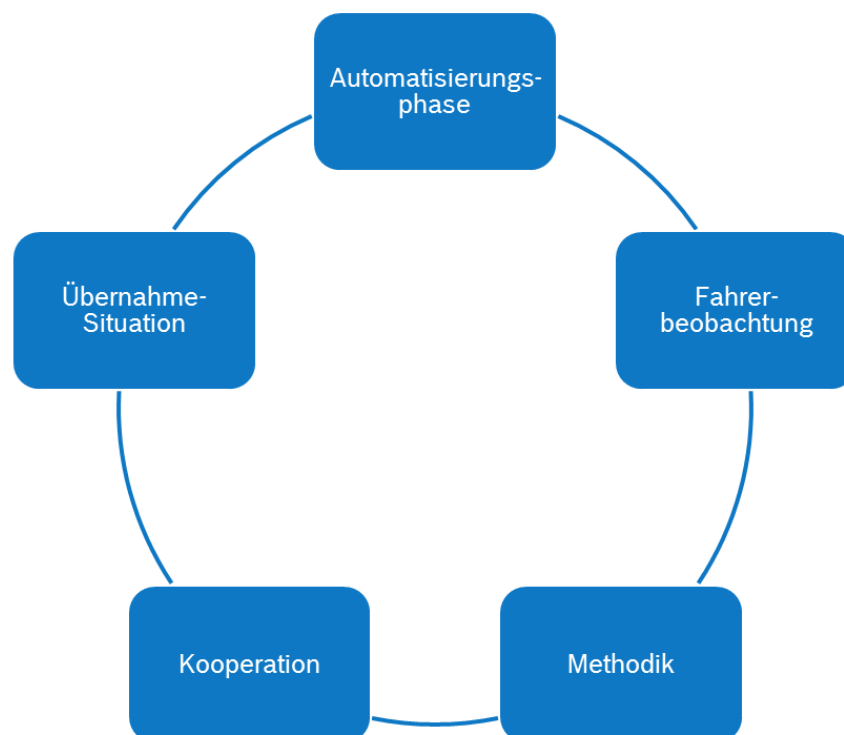


Bild 3: Die „Big Five“ – HMI Herausforderungen für automatisiertes Fahren

- Kooperation

Wie weit lässt sich die bekannte Einschätzung, dass Menschen und technische Systeme je nach Aufgabenstellung unterschiedlich gut geeignet sind, bei der Automatisierung nutzen? Die Automatisierung beginnt häufig auf der Ebene der Handlungsausführung und übernimmt dann schrittweise auch Aufgaben in der Manöver- oder Navigationsebene. Kann eventuell auch ein hochautomatisiertes System noch kooperativ gestaltet werden, indem der Fahrer durch spezifische Beiträge dafür sorgt, dass die Automatisierung in Summe länger aufrechterhalten werden kann? Auch das Lernen guter menschlicher Fahrstrategien für die Automatisierung, etwa durch maschinelles Lernen aus großen Datenmengen, kann ein Aspekt sein, wo der Mensch zum Vorbild für das automatisierte System wird. Schließlich betrifft Kooperation auch die Interaktion zwischen Fahrzeug und anderen Verkehrsteilnehmern. Durch den Wegfall der Interaktion mit dem Fahrer wird es für Fußgänger entsprechend schwieriger, die Handlungen des Fahrzeugs korrekt einzuschätzen.

- Methodik

Die Methodik zur Einschätzung des Nutzerumgangs mit automatisierten Fahrzeugen ist längst noch nicht für alle Fragestellungen vorhanden, gerade für Systeme mit Automatisierungslevel 3 und höher. Bislang werden viele Untersuchungen in Fahrsimulatoren durchgeführt, in denen mit Automatisierung wenig erfahrene Nutzer durch Nebentätigkeiten möglichst weit abgelenkt werden; ihre Reaktion wird dann in einer teilweise unrealistisch häufigen Zahl von Übernahmesituationen untersucht. Es ist unklar, in wie weit diese Methoden geeignet sind, um auch Fragestellungen der längerfristigen Nutzung valide zu beantworten. Der Einsatz von Wizard-of-Oz Fahrzeugen und Naturalistic Driving Studies bieten hier deutlich erweiterte Möglichkeiten, bei allerdings schwieriger umsetzbaren Anforderungen an technische Realisierung und sichere Durchführung.

3. FAHRERZUSTAND UND FAHRERBEOBACHTUNG

Fahrerbeobachtung und die daraus resultierende Fahrerzustandserfassung hat im Kontext des manuellen und assistierten Fahrens zu einer Reihe von Produkten geführt. Diese können eigenständige Funktionen sein, wie die Fahrerinformation und Pausenaufforderung bei erkannter Müdigkeit, oder es werden Warn- und Eingriffsschwellen von Assistenzfunktionen in Abhängigkeit vom erkannten Fahrerzustand oder der Fahrerabsicht angepasst. Der Zusammenhang ergibt sich bei manuellem / assistiertem Fahren aus der Anforderung an die ständige Fahreraufmerksamkeit. Ein Beispiel zur Modellierung des Aufmerksamkeitslevels wird in (Schmitt et al, 2016) dargestellt.

Mit der veränderten Fahreraufgabe bei Automatisierung ändert sich auch ein als „gut“ zu klassifizierender Fahrerzustand. Die Anforderungen und Möglichkeiten einer Fahrerzustandserkennung können in Abhängigkeit vom Automatisierungsgrad wie folgt beschrieben, siehe auch (Manstetten, 2014). Aktuell werden im Wesentlichen sensorische Konzepte auf Basis von Innenraum-Kameras verfolgt, um die Erfüllung der Anforderungen im Fahrzeug zu überprüfen.

- **Assistiertes Fahren (Level 1)**
Ständige Aufmerksamkeit des Fahrers auf alle Aspekte der Fahraufgabe erforderlich, die für sicheres Fahren relevant sind (Engström et al, 2013). Bei erkannten Abweichungen von erforderlicher Aufmerksamkeit oder in Abhängigkeit der Fahrerabsicht werden Parameter der Assistenzsysteme angepasst.
- **Teilautomatisiertes Fahren (Level 2)**
Kontinuierliche Aufmerksamkeit des Fahrers erforderlich, um das Systemverhalten der Automatisierung im Zusammenhang mit der Fahrsituation zu überwachen. Fahrerbeobachtung kann prüfen, ob Fahrer die Systemüberwachung richtig durchführt, kann sich dabei jedoch nicht mehr an Fahrhandlungen orientieren. Fahrerwarnung bei zu geringer Aufmerksamkeit, bis hin zur Beendigung der Automatisierung.
- **Hochautomatisiertes Fahren (Level 3)**
Fahrer muss in der Lage sein, mit (Zeitreserve) die Fahrhandlung wieder zu übernehmen. Dies erfordert prinzipielle Übernahmebereitschaft und Situationsbewusstsein. In Abhängigkeit des Fahrerzustands kann Zeitreserve angepasst werden.
- **Vollautomatisiertes Fahren (Level 4)**
Im Prinzip, zumindest im spezifischen Anwendungsfall, ohne Anforderungen an den Fahrer. Fahrerbeobachtung im Schwerpunkt zur Überprüfung der Mindestanforderungen für passive Sicherheit sinnvoll, z.B. Sitzposition.

3.1 Hands-on vs. Hands-off? – Übernahme aus teilautomatisiertem Fahren

Ein einfacher Aspekt der Fahrerbeobachtung, der derzeit bei den meisten teilautomatisierten Systemen im Markt verwendet wird, ist eine Hands-off Erkennung. Hat der Fahrer die Hände für einen gewissen Zeitraum nicht am Lenkrad, wird die Automatisierungsfunktion nach einer Fahrerwarnung abgeschaltet, und der Fahrer muss wieder manuell fahren. Im Rahmen eines von der Forschungsvereinigung Automobiltechnik FAT geförderten Projekts wurde untersucht, wie die Übernahmeleistung des Fahrers in kurzfristig auftretenden Übernahmesituationen ist, wenn der Übernahme eine Phase mit teilautomatischem, freihändigem Fahren vorausgeht. Der vollständige Bericht findet sich unter (Josten et al, 2016).

In drei Versuchen im Fahrsimulator und einem Versuch auf der Teststrecke wurden Handhaltung (hands-on vs. hands-off) und Automatisierungsgrad (Teilautomatisierung vs. manuelles Fahren als Baseline) systematisch variiert. Als zusätzliche Untersuchungsfaktoren wurden beispielsweise die Dauer der Automatisierungsphase, das Fahrszenario in der Übernahmesituation, oder das Vorhandensein von Nebenaufgaben in einzelnen Experimenten einbezogen.

Als ein zentrales Ergebnis der Experimente hat die hands-off Fahrt zu signifikant höheren Übernahmezeiten geführt, die sehr durchgängig bei etwa 200 msec lagen. Diese führten im Normalfall aber nicht zu einer kritischeren Ausführung der Übernahme. Durch die Ergebnisse zeigt sich ein Potenzial einer adaptiven Anpassung der Warnzeitpunkte in Abhängigkeit von der aktuellen Handhaltung.

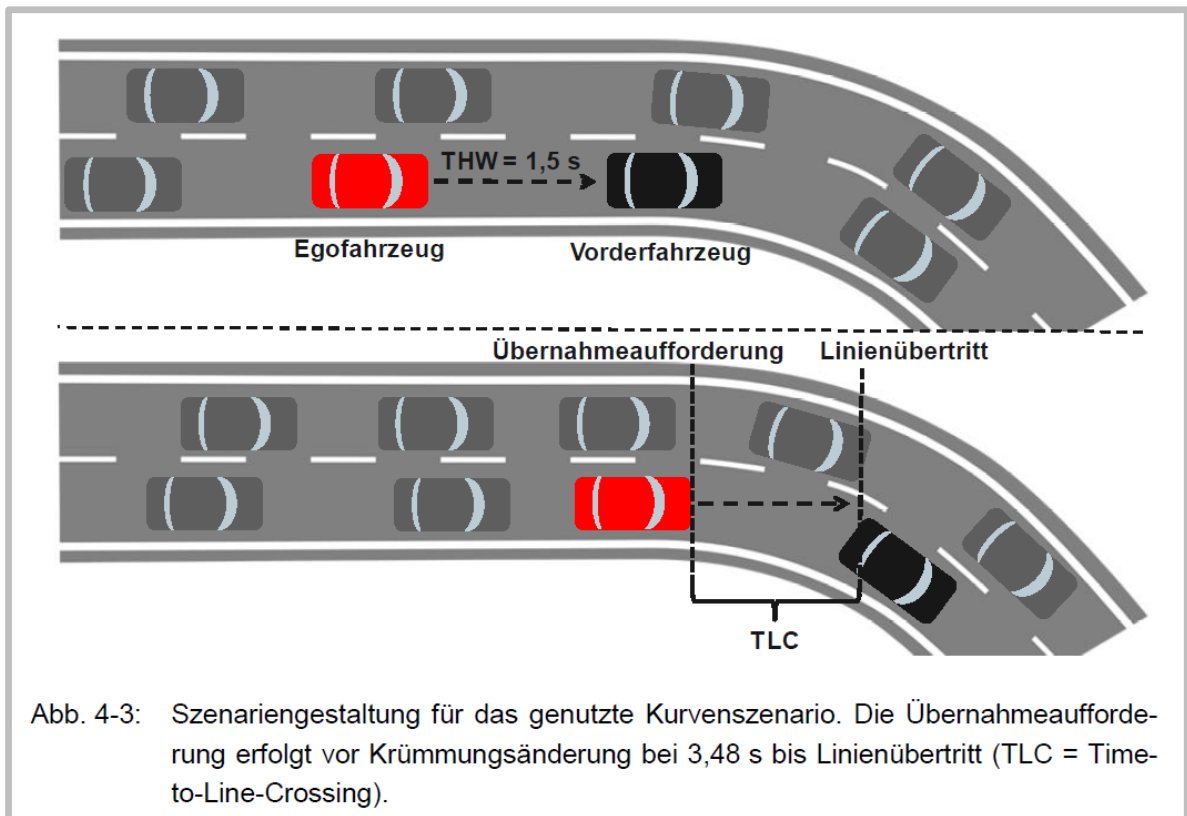


Bild 4: Beispielszenario „Übernahme am Kurveneingang“
Quelle: (Josten et al, 2016)

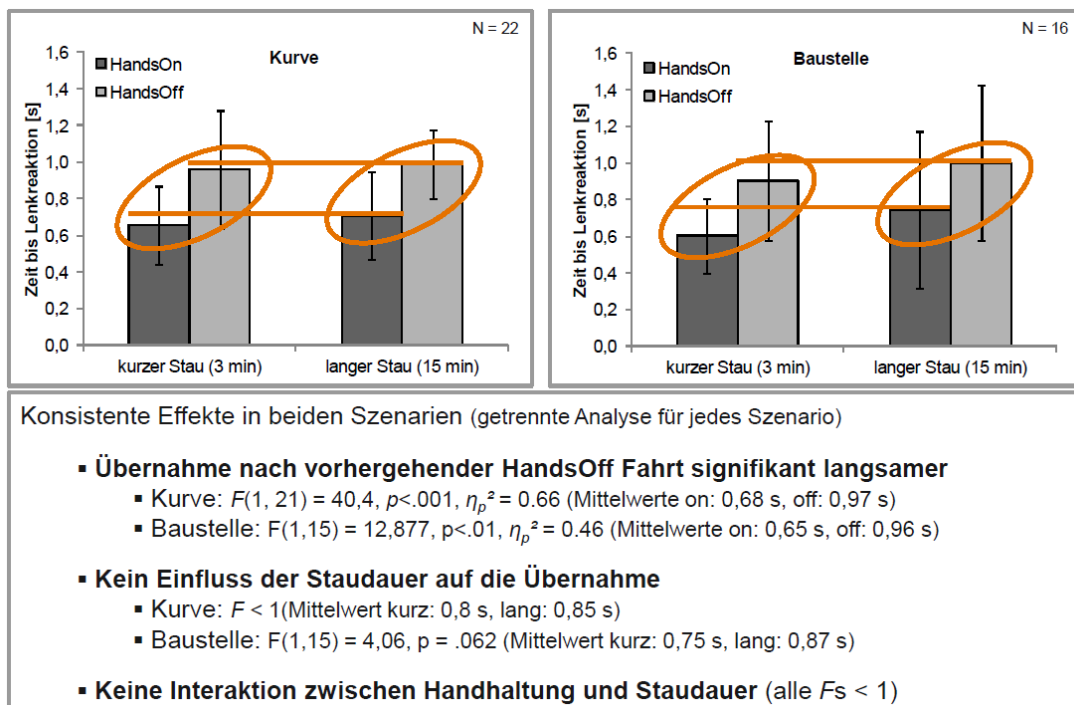


Bild 5: Ergebnisbeispiel „Zeitdauer bis zur Übernahmeaktion (Versuch 1)“
Quelle: (Josten et al, 2016)

3.2 Vigilanz bei hochautomatisiertem Fahren

Im Rahmen eines weiteren Forschungsauftrags der Forschungsvereinigung Automobiltechnik FAT werden HMI Aspekte des hochautomatisierten Fahrens beleuchtet. In einem ersten Teil wurden die Ergebnisse bisheriger Studien zusammengestellt und der bestehende Forschungs- und Methodenbedarf abgeleitet (Radlmayer & Bengler, 2015). Ein zentrales Themenfeld für das hochautomatisierte Fahren ist die Aufrechterhaltung der Vigilanz. Neben bereits häufiger untersuchten Fragestellungen bei hoher Beschäftigung mit anderen Tätigkeiten kann gerade im Beschäftigungsmangel ein extrem relevanter Faktor für eine später erforderliche Übernahme der Fahrzeugführung liegen.

Im zweiten Teil des FAT Forschungsauftrags werden daher aktuell Situationen untersucht, die langes hochautomatisiertes Fahren mit selbstgewählter Beschäftigung mit einer Fahrt ohne Beschäftigungsmöglichkeit vergleichen. Eine einzige Übernahme erfolgt nach langer Fahrdauer von einer Stunde. Diese Experimente im Fahrsimulator sollen im Anschluss noch in einer kleineren Realfahrzeug-Untersuchung verifiziert werden. Die Ergebnisse werden im Anschluss ebenfalls als FAT Bericht veröffentlicht.

3.3 Terminologie und Maße für Leistungsfähigkeit und Fahrerzustand

Die zu Beginn von Kapitel 3 beschriebenen veränderten Anforderungen an den Fahrerzustand erfordern teilweise eine neue Terminologie, die über die aus (Engström et al, 2013) bekannte Taxonomie von Unaufmerksamkeit hinausgeht. Ein solcher Ansatz wird derzeit im Rahmen des vom BMWi geförderten Projekts KoHAF verfolgt. Hier werden Metriken für Fahrerleistung und Fahrerzustand bei automatisiertem Fahren definiert (Marberger et al, 2016).

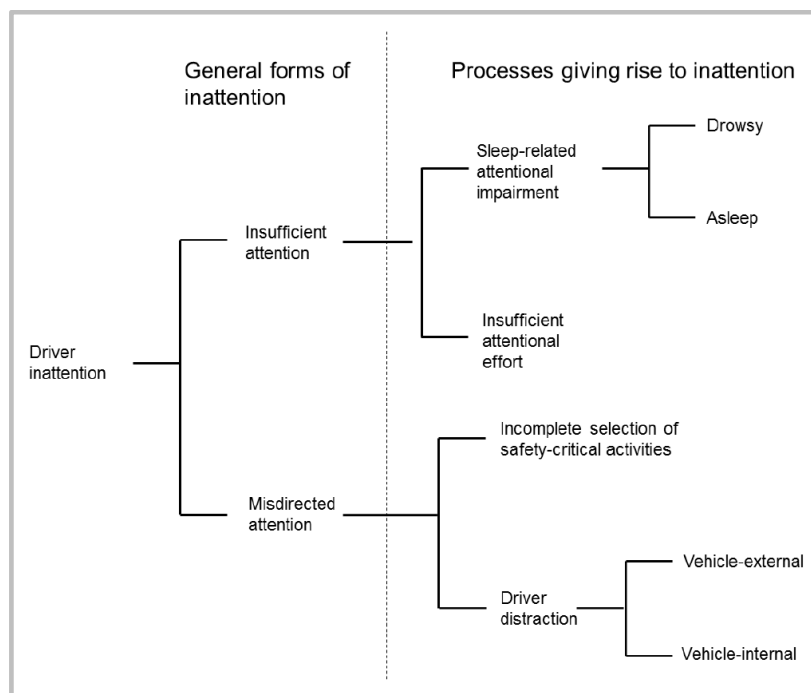


Bild 6: Grafische Darstellung der Taxonomie zur Fahrer-Unaufmerksamkeit
Quelle: (Engström et al, 2013)

Die Begriffsdefinitionen in (Marberger et al, 2016) konzentrieren sich auf die Anforderungen von Level 3 und Level 4 Systemen und beschreiben fahrerbezogene Maße für die folgenden Aspekte:

- Metriken zur Fahrerleistung in unmittelbar bevorstehenden Übernahme-situationen (Systemkontrolle → manuelle Kontrolle)
 - Art der erforderlichen Fahrerhandlung
z.B. Lenkreaktion, Bremseingriff
 - Zeitbasierte Metriken
z.B. Dauer bis Fixation der Straße, Dauer bis Erreichen des Pedals, Dauer bis Realisierung eines Lenkwinkels
 - Qualität der Fahrerübernahme
z.B. minimale Time-to-collision, Standardabweichung Spurposition
- Metriken zur Beobachtung des Fahrerzustands, grundsätzliches Konzept der Fahrer-Verfügbarkeit
 - Visuelle Dimension
z.B. Kopforientierung, Blickrichtung
 - Manuelle Dimension
z.B. Hand/Fuß Position, Körperhaltung
 - Kognitive Dimension
z.B. Situationsbewusstsein (SAGAT et al), Rating Scale of Mental Effort, Mind Wandering
 - Energetische Dimension
z.B. Arousal (SAM Skala), Müdigkeit und Schläfrigkeit (Perclos)

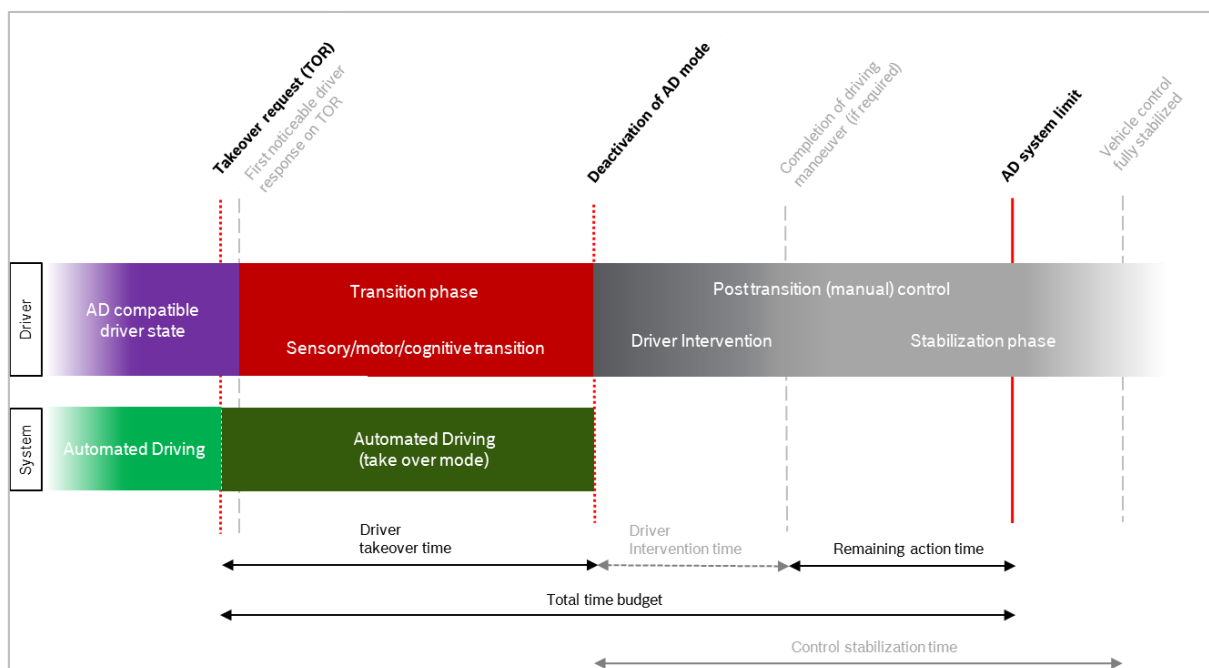


Bild 7: Transitions-Prozess aus Level 3/4 Automatisierung zu manuellem Fahren mit Zeitmarkern und Definition von Reaktionszeiten
 Quelle: (Marberger et al, 2016)

LITERATUR

- Bengler, K.; Drücke, J.; Hoffmann, S.; Manstetten, D.; Neukum, A. (Hrsg.) (2017).** *UR:BAN MV Human Factors in Traffic – Approaches for safe, efficient, and stress-free urban traffic.* Springer Vieweg, ISBN 978-3-658-15417-2 (to appear)
- Continental (2013).** *Continental Mobilitätsstudie – Ergebnisse zur Akzeptanz von Fahrerassistenzsystemen und automatisiertem Fahren.*
Online Link: http://www.continental-corporation.com/www/presseportal_com_de/themen/initiativen/ov_mobilitaetsstudien_de/ov_mobilitaetsstudie_2013/
- Engström, J.; Monk, C.A.; Hanowski, R.J.; Horrey, W.J.; Lee, J.D.; McGehee, D.V.; Regan, M.; Stevens, A.; Traube, E.; Tuukkanen, M.; Victor, T.; Yang, D. (2013).** A conceptual framework and taxonomy for understanding and categorizing driver inattention. *US-EU ITS Cooperation, Driver Distraction and HMI Working Group.* Online Link: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/us-eu-inattention-taxonomy-report>
- Josten, J.; Zlocki, A.; Eckstein, L. (2016).** Untersuchung der Bewältigungsleistung des Fahrers von kurzfristig auftretenden Wiederübernahmesituationen nach teil-automatischem, freihändigem Fahren. *FAT Schriftenreihe 289, Juli 2016.*
Online Link: <https://www.vda.de/de/services/Publikationen/fat-schriftenreihe-289.html>
- Manstetten, D.; Bengler, K.; Busch, F.; Färber, B.; Lehsing, C.; Neukum, A.; Petermann-Stock, I.; Schendzielorz, T. (2013).** “UR:BAN MV” – a German project focusing on human factors to increase traffic safety in urban areas. *Proceedings of the 20th ITS World Congress, Tokio (J), Oktober 2013.*
- Manstetten, D. (2014).** Fahrerzustandserfassung für assistiertes und (hoch)automatisiertes Fahren. *Fraunhofer IAO Vehicle Interaction Summit, Stuttgart, April 2014.*
- Marberger, C.; Radlmayer, J.; Feldhütter, A.; Gonzalves, J.; Naujoks, F.; Befeilein, D.; Wandtner, B.; Schmidt, G.; Frey, A.; Schindhelm, R.; Gold, C.; Jarosch, O.; Muhr, T.; Weinbeer, V. (2016).** Road vehicles – operational definitions for measures of human performance and state within the context of automated driving systems. *Working Draft Input des ögP KoHAF „Kooperatives Hochautomatisiertes Fahren“ für ISO TC22 SC39 WG8 „HMI for Traffic Information and Control Systems“ Meeting, Yokohama (J), Mai 2016 (unveröffentlicht).*
- Radlmayer, J.; Bengler, K. (2015).** Literaturanalyse und Methodenauswahl zur Gestaltung von Systemen zum hochautomatisierten Fahren. *FAT Schriftenreihe 276, Mai 2015.* Online Link: <https://www.vda.de/de/services/Publikationen/fat-schriftenreihe-276-hochautomatisiertes-fahren.html>
- Schmitt, F.; Bieg, H.J.; Manstetten, D.; Herman, M.; Stiefelhagen, R. (2016).** Predicting Lane Keeping Behaviour of Visually Distracted Drivers Using Inverse Suboptimal Control. *Proc. IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV), Göteborg (S), Juni 2016, pp. 412-418.*

VDA Verband der Automobilindustrie (2015). *Automatisierung – von Fahrerassistenzsystemen zum Automatisierten Fahren.* Verband der Automobilindustrie e.V., Berlin, September 2015. Online Link: <https://www.vda.de/de/services/Publikationen/automatisierung.html>.

VOM AUTONOMEN FAHREN ZUR MIGRATIONSFÄHIGEN, KOOPERATIVEN ASSISTENZ UND AUTOMATION

Frank Flemisch, Hermann Winner, Klaus Bengler, Ralph Bruder

ZUSAMMENFASSUNG

Der Beitrag gibt eine Übersicht über die Definitionen von Autonomie und Automation und führt in die Taxonomie der BAST, SAE und NHTSA ein, die von assistiertem, teil- und hochautomatisierten Fahren sprechen. Der Tesla-Unfall wird als Beispiel eines teilautomatisierten Systems beschrieben, in dem unzureichende Systembeschreibungen dazu geführt haben, dass der Fahrer es als hochautomatisiertes System genutzt hat, für die das unterlagerte technische System nicht ausreichend ausgelegt war. In Anlehnung an das „Unheimliche Tal / Uncanny valley“ der Robotik kann dies als unsicheres Tal der Automation beschrieben werden.

Für den Nutzer klar erkennbare Assistenz- und Automationsgrade (Modi) sowie abgesicherte Transitionen werden als Grundvoraussetzung für eine sichere Überbrückung des unsicheren Tals beschrieben. Kooperativität zwischen Mensch und Maschine und verschiedenen Verkehrsteilnehmern ist eine wesentliche Zieleigenschaft in zukünftigen hochautomatisierten Verkehrssystemen, die gezielt mit der Forschung und Entwicklung einer kooperativen Fahrzeugführung adressiert werden können. Eine weitere wichtige Zieleigenschaft ist die Migrationsfähigkeit des Verkehrssystems, um mit Systemen unterschiedlicher Automatisierungsgrade und Kooperationsfähigkeiten sichere Plateaus zu erreichen, ohne zwischendurch in unsichere Täler abzustürzen. Anschauliche Beispiele aus der natürlichen Welt der kooperativen Bewegung sowie aus den laufenden Forschungsprojekten der Autoren runden den Beitrag ab.

1. VON ASSISTENZ ZUM AUTONOMEN FAHREN?

In der zweiten Dekade des 21. Jhd. wird nach einer langen Beschäftigung mit Fahrerassistenz gerade das sog. autonome Fahren intensiv diskutiert, erforscht und entwickelt. So platziert der Gartner Hype Cycle autonome Fahrzeuge nach Jahrzehnten der Grundlagenforschung und mehreren Jahren der angewandten Forschung nun auf dem Höhepunkt des „Hype“-Peaks, von dem es dann nach den Modellvorstellungen von Gartner (2016) (Abbildung 1) mehr oder weniger steil abstürzen wird, um dann wieder ein Plateau realistischer Anwendungen zu erreichen.

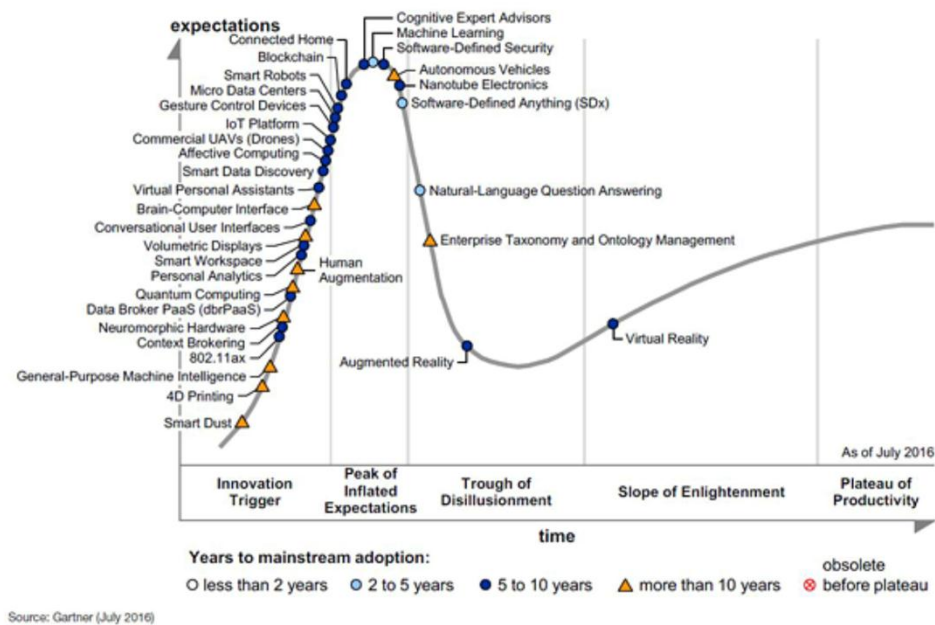


Bild 1: Hype-Cycle (Gartner, 2016)

Interessanterweise fällt der Zeitpunkt von Gartners Voraussage zusammen mit dem ersten tödlichen Unfall eines mit einem von Tesla „Autopilot“ genannten Systems (Abbildung 2). In Mai 2016 verunglückte der Fahrer eines Tesla-Modells, als das Autopilot-System des Autos einen weißen LKW-Anhänger auf der Fahrbahn nicht erkannte und somit ungebremst mit dem LKW-Anhänger kollidierte, wobei der Fahrer des Fahrzeugs während des Unfallherganges keinerlei Reaktion gezeigt hat. Anschließende Untersuchungen bestätigten, dass eine ungünstige Verkehrskonstellation – der LKW-Anhänger wurde auf Grund des Abstandes zum Boden und Lage auf der Fahrbahn vom Radarsystem als Straßenschild erkannt - und unpassenden Witterungsbedingungen (LKW-Anhänger in weißer Farbe konnte auf Grund von weißen Wolken im Hintergrund von den Kamerasystemen nicht erkannt werden) dazu führten, dass das Autopilot-System dieses Hindernis nicht erfasste. Dabei wurden auch Indizien dafür gefunden, dass der Fahrer des Fahrzeuges während des Unfallherganges nicht auf die Fahraufgabe fokussiert war und vermutlich sich mit einem Entertainmentsystem beschäftigt hat (National Transportation Safety Board, 2016).



Bild 2: Erster tödlicher Unfall mit einem teil-automatisierten „Autopiloten“ von Tesla (National Transportation Safety Board, 2016)

2. ASSISTENZ UND AUTONOMIE ALS WICHTIGE ASPEKTE VON AUTOMATION

Wie man es an dem Tesla-Unfall sieht, kann der unbedachte Einsatz von „autonomen“ Systemen zur erheblichen Sicherheitsrisiken führen. Die Forschung zur Ergonomie sieht das Thema Autonomie bereits seit Jahren differenzierter und bettet es ein in das seit Jahrzehnten, z.B. für Kernkraftwerke und Flugzeuge gut erforschten Gebiet der Automation.

Absehbar ist eine realistische Nutzung bord-autonomer Fähigkeiten zur teil- und hochautomatisiertes Fahrzeugführung in einer kooperativen Integration von Mensch und Automation. Mögliche Stufen der Assistenz und Automation wurden bereits, ausgelöst durch Forschungsprojekte wie H-Mode, ConductByWire, HAVEit, durch Projektgruppen unter Leitung der BASt (Gasser et al., 2012), SAE (SAE, 2014) und NHTSA quasi standardisiert (Abbildung 3), wobei eine abschließende Standardisierung z.B. über die ISO noch nicht erfolgt ist. Dabei beschreibt SAE die Stufe 0 das manuelle Fahren ohne die Verwendung von Assistenzsystemen, wobei die Stufe 1 das Fahren mit Assistenzsystemen beschreibt, in der entweder die Längs- oder Querverführung des Fahrzeuges von Assistenzsystemen übernommen wird. Im teilautomatisiertem Fahren (Stufe 2) wird sowohl Quer- als auch Längsführung des Fahrzeuges von Assistenzsystemen ausgeführt, wobei der Fahrer jederzeit das Fahrzeug überwachen und bereit sein muss die Fahraufgabe zu übernehmen. In der Stufe 3 muss der Fahrer nicht mehr permanent das Fahrzeug und den Verkehr überwachen, muss jedoch in der Lage sein nach Aufforderungen der Automation wieder die Fahraufgabe zu übernehmen. Im vollautomatisierten Fahren (Stufe 4) wird die Fahraufgabe vollständig von der Automation ausgeführt, wobei noch offen ist, ob und wie der Fahrer noch Einfluss nehmen kann.

Summary of Levels of Driving Automation for On-Road Vehicles

This table summarizes SAE International's levels of *driving* automation for on-road vehicles. Information Report J3016 provides full definitions for these levels and for the italicized terms used therein. The levels are descriptive rather than normative and technical rather than legal. Elements indicate minimum rather than maximum capabilities for each level. "System" refers to the driver assistance system, combination of driver assistance systems, or *automated driving system*, as appropriate.

The table also shows how SAE's levels definitively correspond to those developed by the Germany Federal Highway Research Institute (BASt) and approximately correspond to those described by the US National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) in its "Preliminary Statement of Policy Concerning Automated Vehicles" of May 30, 2013.

Level	Name	Narrative definition	Execution of steering and acceleration/deceleration	Monitoring of driving environment	Fallback performance of dynamic driving task	System capability (driving modes)	BASt level	NHTSA level
Human driver monitors the driving environment								
0	No Automation	the full-time performance by the <i>human driver</i> of all aspects of the <i>dynamic driving task</i> , even when enhanced by warning or intervention systems	Human driver	Human driver	Human driver	n/a	Driver only	0
1	Driver Assistance	the <i>driving mode</i> -specific execution by a driver assistance system of either steering or acceleration/deceleration using information about the driving environment and with the expectation that the <i>human driver</i> perform all remaining aspects of the <i>dynamic driving task</i>	Human driver and system	Human driver	Human driver	Some driving modes	Assisted	1
2	Partial Automation	the <i>driving mode</i> -specific execution by one or more driver assistance systems of both steering and acceleration/deceleration using information about the driving environment and with the expectation that the <i>human driver</i> perform all remaining aspects of the <i>dynamic driving task</i>	System	Human driver	Human driver	Some driving modes	Partially automated	2
Automated driving system ("system") monitors the driving environment								
3	Conditional Automation	the <i>driving mode</i> -specific performance by an <i>automated driving system</i> of all aspects of the <i>dynamic driving task</i> with the expectation that the <i>human driver</i> will respond appropriately to a <i>request to intervene</i>	System	System	Human driver	Some driving modes	Highly automated	3
4	High Automation	the <i>driving mode</i> -specific performance by an <i>automated driving system</i> of all aspects of the <i>dynamic driving task</i> , even if a <i>human driver</i> does not respond appropriately to a <i>request to intervene</i>	System	System	System	Some driving modes	Fully automated	3/4
5	Full Automation	the full-time performance by an <i>automated driving system</i> of all aspects of the <i>dynamic driving task</i> under all roadway and environmental conditions that can be managed by a <i>human driver</i>	System	System	System	All driving modes		

Bild 3: Automationsstufen nach BASt, SAE und NHTSA (SAE, 2014)

Die Definition der Stufen ist vor allem als Ankerpunkt für umfassende Diskussionen z.B. bezüglich technischer, ergonomischer und rechtlicher Faktoren gedacht. Sie müssen nicht notwendigerweise alle gleichzeitig zur Verfügung stehen, insbesondere da die maximal sinnvolle Anzahl von ausreichend unterscheidbaren Automationsgraden nicht höher als 3-4 liegen sollte (z.B. Petermann & Schlag, 2010, Schieben & Flemisch, 2011). Es ist jedoch sehr wahrscheinlich, dass es Fahrzeuge mit mehreren Assistenz- und Automationsstufen geben wird, zwischen denen der Fahrer wählen kann. Diese sind jedoch nicht beliebig, sondern es gibt Bereiche der Kontrollverteilung, die gute Chancen auf einen sicheren Betrieb bieten, und Bereiche, die eher ungünstig sein können.

3. GIBT ES EIN UNSICHERES TAL ZWISCHEN TEIL- UND HOCHAUTOMATISIERT?

Wie der Tesla-Unfall zeigt, können falsch gestaltete Automationsstufen auch Gefahren bergen. War der Tesla-Unfall nur eine unglückliche Verkettung von Umständen, oder steckt eine systematische Lektion dahinter? Es besteht der begründete Verdacht, dass der Unfall nur ein Beispiel einer Kategorie von Unsicherheiten ist, die sich Anlehnung an das „Unheimliche Tal / Uncanny valley“ der Robotik als unsicheres Tal der Automation beschreiben werden kann (Abbildung 4). Hier sind gut durchdachte Instanziierungen von Teilautomatisierung noch sicher (M2.1), während die Sicherheit von weniger abgesicherten Varianten wie z.B. der Tesla-Variante rapide abfällt (M2.2), um dann mit gut abgesicherten Varianten von Hochautomation mit klarer Kontrollverteilung und abgesicherten Transitionen wieder sicher werden (M3.2). Für diese Hypothese gibt es zurzeit erste experimentelle Hinweise, fundiertere Nachweise werden im Schwerpunktprogramm „Kooperativ Interagierende Fahrzeuge“ der DFG erforscht.

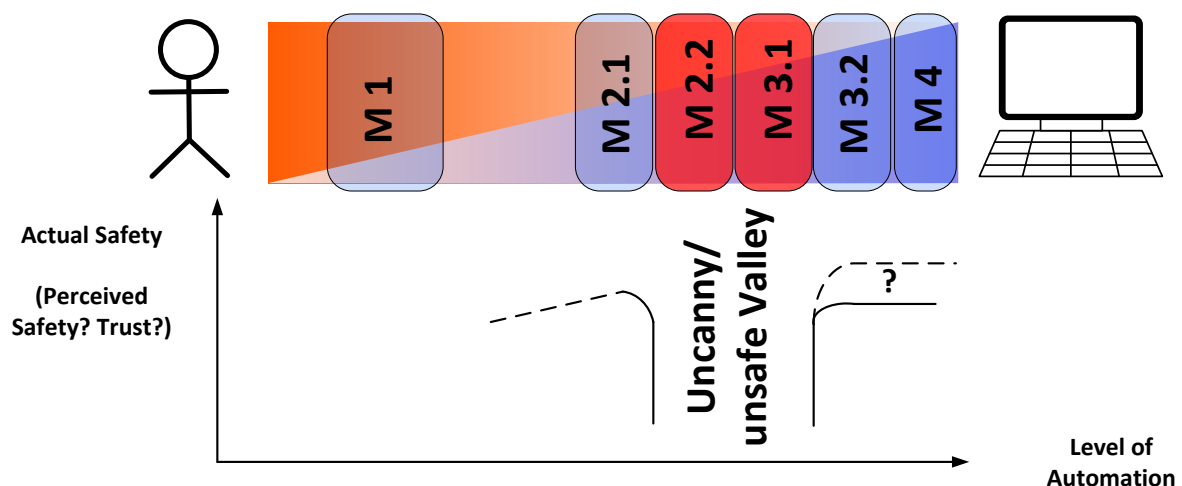


Bild 4: Mögliches Unsicheres Tal der Automation, erweitert nach Flemisch et al. (2016)

4. VON EINER STATISCHEN ZU EINER UNUMGÄNGLICH DYNAMISCHEN SICHTWEISE VON ASSISTENZ UND AUTOMATION: MIGRATION VON TEIL- ÜBER HOCH- ZU VOLL-AUTOMATISIERTEM FAHREN

Für den Nutzer klar erkennbare Assistenz- und Automationsgrade (Modi) sowie abgesicherte Transitionen sind offenbar Grundvoraussetzung für eine sichere Überbrückung des unsicheren Tals. In einer idealen Welt könnte die Überbrückung des unsicheren Tals vielleicht in einem Schritt, ohne schrittweise Migration gelingen. Doch mehrere Gründe lassen dies nicht zu:

- Pkw werden etwa über 15 Jahre im Straßenverkehr bewegt. So lange sind diese mindestens als Partnerfahrzeuge zu berücksichtigen. Selbst wenn sie mit modernen Fahrerassistenzsystemen ausgerüstet sind, bleiben sie immer Fremdkörper in einer automatisierten Fahrzeugwelt.
- Wie nahezu jede Automobilinnovation wird die Technik des automatisierten Fahrens zunächst nur als Option in den oberen, höherpreisigen Fahrzeugklassen angeboten werden. Bei hinreichendem Markterfolg werden sie dann top-down in den niederpreisigen Klassen Einzug erhalten. Bis zur Erreichung einer Vollausrüstung aller wichtigen Klassen ist auch mit mindestens 10 Jahren zu rechnen, wenn man die erfolgreichsten Innovationen der vergangenen Jahrzehnte wie die elektronische Stabilitätsregelung ESC oder die automatische Notbremse AEB heranzieht. Für deren schnelle Etablierung war neben der offensichtlichen Sicherheitsfunktion die Einbeziehung in Verbrauchertests wie EURO-NCAP sehr förderlich.
- Es kann nicht von einer durchgängigen Kundenbegeisterung für das automatisierte Fahren ausgegangen werden. Für viele Käufer wird es zunächst nur ein unnötiger Kostenpunkt sein. Dazu kommt, dass der Nutzen für viele Fahrer nicht ersichtlich ist, bspw. auch durch die Veranlagung eines nicht unbeträchtlichen Teils der Bevölkerung, bei Autofahrt weder lesen noch arbeiten zu können. Die langsame Entwicklung der Ausrüstungsrate von kontinuierlich assistierenden Systemen (ACC, LKAS, Staupilot) lässt auch keinen großen Marktoptimismus aufkommen.
- Bei allen bemerkenswerten technischen Fortschritten der letzten Jahre reichen die maschinellen Fahrzeugführungsfähigkeiten bisher nur aus, um in eng begrenzten Anwendungsfällen zuverlässig zu funktionieren (und nicht einmal dafür ist bisher ein Sicherheitsnachweis erbracht worden). Automatisiertes Fahren erst einzuführen, wenn die Fähigkeiten für ein sicheres Fahren „immer und überall“ ausreichen, würde die Einführung blockieren, denn die dafür erforderlichen Vorarbeiten lassen sich nicht wirtschaftlich vertretbar durchführen. Es wird eine Wissensevolution notwendig sein, sodass das automatisierte Fahren mit Einschränkungen eingeführt werden muss, um daran für die Ausdehnung des Anwendungsspektrums zu lernen. Die Wissensevolution kann durch sukzessive Steigerung des Automatisierungsgrads erfolgen oder auch bei konstantem Automatisierungsgrad durch die Ausdehnung der Nutzungsräume oder beides kombiniert.
- In ähnlicher Weise werden Risikobegrenzungsstrategien für Freigabe und Zulassung dazu führen, dass die Einführung begrenzt erfolgt. Die Ausdehnung kann erst dann erfolgen, wenn Erfahrungswerte belegen, dass die Sicherheit für den bisherigen Einsatz hinreichend hoch ist.

Die Migration des automatisierten Fahrens wird ein mindestens zwei Dekaden dauernder Prozess sein, wenn man sehr optimistische Annahmen heranzieht. Trägt man den Ungewissheiten über die technische Zielerreichung und der Akzeptanz von Nutzern und Gesellschaft Rechnung, wird man für den Prozess noch viel längere Zeiträume abschätzen.

In dieser Sichtweise kann ein Migrationspfad auch hin zum autonomen bzw. vollautomatisierten Fahren führen, aber es kann eine Reihe von Stufen und Wahlmöglichkeiten für den Menschen geben.

Migrationsfähigkeit war und ist eine zentrale Eigenschaft von Verkehrssystemen, um mit Teilsystemen unterschiedlicher Automatisierungsgrade und Kooperationsfähigkeiten sichere Plateaus zu erreichen, ohne dazwischen in „unsichere Täler“ abzustürzen. Für die Entscheidungsprozesse, die diesen Migrationsprozess gestalten, gelten im Regelfall die Optimierungskriterien Sicherheit, Effizienz und Nutzungskomfort. Diese Kriterien werden an den unterschiedlichen Entscheidungspunkten in unterschiedlicher Gewichtung berücksichtigt. Es ist jedoch nicht möglich, eines dieser Kriterien völlig zu ignorieren. Im Fall der Automation werden vor allen Dingen die allgemeine Erhöhung der Sicherheit und der Nutzungskomfort in den Vordergrund gestellt. Eine Quantifizierung fällt schwer. Am Beispiel Tesla wird deutlich, dass möglicherweise zugunsten des Nutzungskomforts, Effizienz und Sicherheit in den Hintergrund getreten sind.

Die gewählte Konstellation der drei Kriterien dürfte nennenswert die Geschwindigkeit aber auch die Stabilität des Migrationsprozesses bestimmen.

Denkt man systematisch über Migration nach, wird es in der Vielzahl von Varianten zwar schnell komplex, jedoch können folgende Hauptdimensionen der Migration als Orientierung dienen:

- Fahrzeugführer und andere Personen innerhalb des Fahrzeuges, die unterschiedliche Erfahrung zur Automation mitbringen.
- Personen außerhalb des Fahrzeugs, z.B. in anderen Fahrzeugen, Fußgänger und Radfahrer, die unterschiedliche Erfahrungen über automatisierte Fahrzeuge mitbringen.
- Automationssysteme in unterschiedlichen Automations-Stufen, die wiederum unterschiedliche Ausprägungsgrade haben können. So zeigt Abbildung 5 exemplarisch einen Migrationspfad von Automationssystemen
- Situation, in denen diese Akteure unterschiedliche Fähigkeiten haben. So ist es bereits jetzt so, dass eine Reihe von assistierten und teilautomatisierten Systemen zunächst nur auf autobahn-ähnlichen Straßen eingesetzt werden können, in weiteren Generationen jedoch auch auf Landstraßen und in der Stadt eingesetzt werden können.

Es wird schnell klar, dass zwar einerseits eine Betrachtung über eine längere Zeit notwendig ist, um z.B. Umschlagpunkte und mögliche Absicherungsmaßnahmen zu identifizieren. So zeigt Abbildung 5 eine naheliegende Migration von Technologie und Mensch in Richtung höherer Assistenz- und Automationsstufen. Diese Migration ist nur auf den ersten Blick trivial, wie der Tesla-Unfall zeigt. Auch im weiteren Fortschreiten der Migration sind eine Reihe von Fragen offen, z.B. ob die SAE Stufe

3 überhaupt notwendig und ausreichend sicher ist, und ob bei Erreichen von höheren Graden 4 und 5 die Grade 2 und 3 bleiben, oder ob sie weggelassen werden können.

Weiterhin werden die unterschiedlichen Mischungsverhältnisse von Assistenz- und Automationsgraden Fragen auf. So zeigt Abbildung 6 eine mögliche Entwicklung von Durchsetzungsgraden über die Zeit. Hier wird deutlich, dass es in Zeiträumen mit niedrigem und in Zeiträumen mit hohem Durchsetzungsgrad zu negativen Effekten kommen kann. Bei niedrigem Durchsetzungsgrad ist die Rate des Erstkontakts mit automatisierter Technik besonders hoch, was hohe Anforderungen an die Selbsterklärungsfähigkeit und Intuitivität dieser Automation stellt. Bei hohem Durchsetzungsgrad wird der Kontakt mit nicht-automatisierten Fahrzeugen immer seltener, was wiederum Gefahren birgt.

Andererseits ist Migration nicht ein linearer Prozess, der immer „nach vorne“ geht, sondern in der, Akteure wie Personen und Automationssysteme immer wieder auch zurück migrieren (Abbildung 7). Beispiel ist ein Fahrzeugführer, der jahrelang eine Automation höher Verfügbarkeit, z.B. ein ACC einer neueren Generation fährt, und dann mit einem Leihwagen ein ACC einer älteren Generation fährt, und damit verunfällt. Ein anderes Beispiel sind Gewöhnungseffekte an Kollisionswarnsysteme, die in Fahrzeugen ohne Warnsysteme gefährlich werden können.

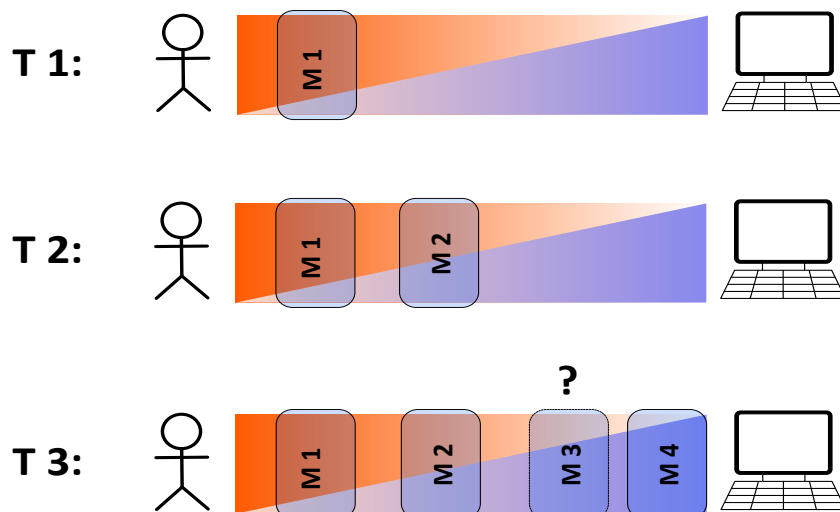


Bild 5: Mögliche Migrationsstufen von Automationsstufen über die Zeit.

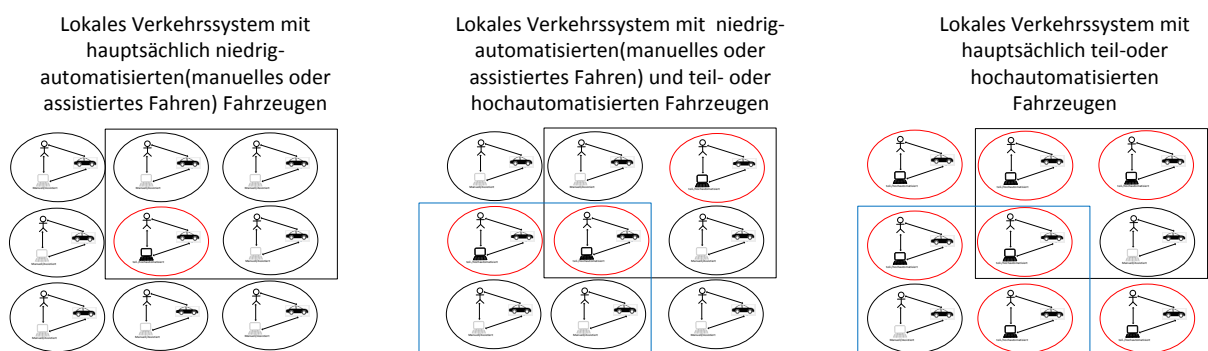


Bild 6: Höhere Durchsetzungsgrade von Automation im Laufe der Zeit

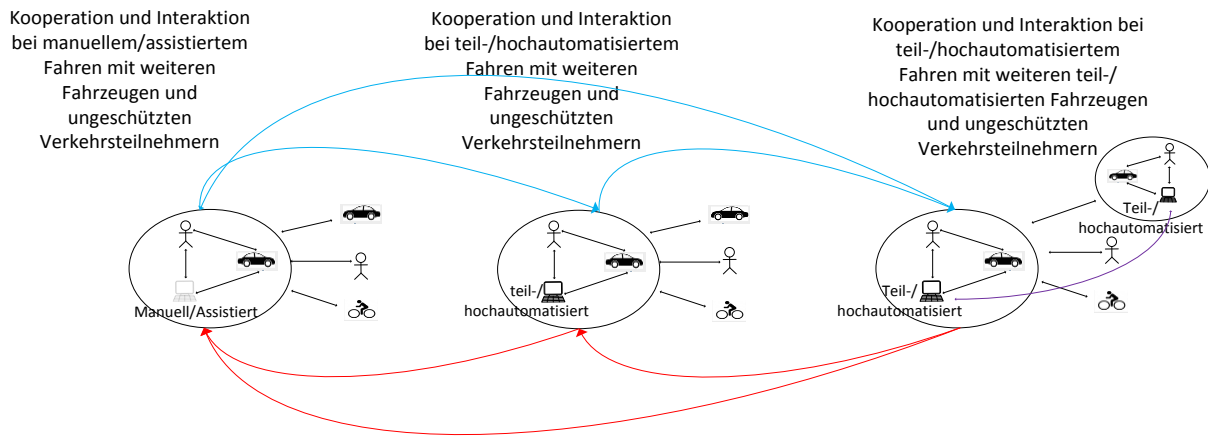


Bild 7: Mögliche Migration von Nutzern über unterschiedliche Automatisierungsgrade mit möglicherweise kritischen Rückmigrationen

5. MIGRATION NICHT NUR HIN ZU HÖHEREN AUTOMATIONSSTUFEN, SONDERN HIN ZU EINER WICHTIGEN QUALITÄT: KOOPERATIVE AUTOMATION

Es scheint in der menschlichen Natur zu liegen, dass immer diejenige Qualität einer Entwicklung den Namen gibt, die den jeweiligen Entwicklern und/oder der einbetenden Gesellschaft am meisten am Herzen liegt, worin sie den größten Ehrgeiz setzen und den größten aktuell realisierbaren Nutzen sehen. So gab es eine lange Entwicklungsphase von Assistenzsystemen, in der klar war, dass diese Systeme noch nicht selbst fahren, aber immerhin unterstützen können. Gerade sind wir in der Endphase einer Entwicklung, in der die Autonomie, die eigenständige Fähigkeit des technischen Untersystems zum Fahren im Fokus ist, auf die man als Forscher und Entwickler zu Recht stolz sein darf, und die man nun als Gesellschaft und Forschungs- und Entwicklungsgemeinschaft nutzenstiftend einbinden muss. Wenn ausreichend Autonomie technisch erreichbar ist, welche nächste Systemeigenschaft sollte in den Fokus rücken? Wir sind der Überzeugung, dass Kooperativität zwischen Mensch und Maschine, und zwischen verschiedenen Verkehrsteilnehmern eine wesentliche Zieleigenschaft in zukünftigen hochautomatisierten Verkehrssystemen ist, die gezielt mit Forschung und Entwicklung adressiert werden sollte. Kooperativität zwischen Fahrzeugen wurde bereits technisch als sog. Kooperatives Fahren erforscht. Weiterhin wurde die Kooperativität von einer Reihe von Forschern weltweit als grundlegendes Paradigma für die Zusammenarbeit von Mensch und Maschine verwendet und ausgebaut. Der Gebrauch des Wortes "Kooperation" im Kontext der Mensch-Maschine-Kooperation wurde bereits durch Holnagel et al. (1983), Rasmussen et al. (1983) oder Sheridan et al. (2002) skizziert, in ein Rahmenwerk für Mensch-Maschine Kooperation z.B. von Pacaux et al. (1996) sowie Hoc et al. (2000) generalisiert und für die Fahrzeugführung adaptiert durch z.B. Flemisch et al. (2003), Hoc et al. (2006), Biester (2008), Holzmann (2007), Flemisch et al. (2008a) und Hakuli et al. (2009). Weitere Beispiele kooperativer und geteilter Kontrolle beschreibt auch Mulder et al. (2012), Winner et al. (2006), Geyer et al. (2011), Bengler et al. (2012), Zimmermann et al. (2013).

Kooperative Fahrzeugführung und -regelung, engl. Cooperative Guidance and Control (of vehicles), wird hier verstanden als die Zusammenarbeit von mindestens einem Menschen und mindestens einem Computer bei der Führung eines oder mehrerer Fahrzeuge. Dabei bilden sowohl Mensch als auch Automation auf ihrer Wahrnehmung basierend Absichten, die dann in kooperative Handlung umgesetzt

werden. Kooperative Kontrolle und Führung beinhaltet den Fall, dass Mensch und Computer an der gleichen Kontrollstrecke wirken, was auch "geteilte Kontrolle / Shared Control" (Griffiths et al. (2004), Mulder et al. (2012)) oder "geteilte Autorität" (Inagaki et al. (2008), Flemisch et al. (2012)) genannt wird. Kooperative Kontrolle beinhaltet aber auch die Möglichkeit, Aufgaben ganz oder teilweise an verschiedene Agenten delegieren zu können, wie dies z.B. Rasmussen et al. (1983) bereits skizziert. Weiterhin kann kooperative Kontrolle Aspekte von Adaptivität und Adaptierbarkeit beinhalten, wie dies z.B. Sheridan et al. (2006) als Adaptive Automation beschreiben.

Die beiden Forschungslinien zur Fahrzeug-Fahrzeug-Kooperation und zur Mensch-Fahrzeug-Kooperation laufen nun systematisch zusammen in einem Sonderforschungsbereich der DFG „Kooperativ Interagierende Fahrzeuge“. Hier deuten sich bereits interessante Ergebnisse an, über die in zukünftigen Mensch und Fahrzeug-Veranstaltungen berichtet wird.

LITERATUR

- Bengler, K., Zimmermann, M., Bortot, D., Kienle, M., & Damböck, D. (2012).** Interaction principles for cooperative human-machine systems. *it- Information Technology Methoden und innovative Anwendungen der Informatik und Informationstechnik* 54.4 (S.157-164).
- Biester, L. (2008).** *Cooperative Automation in Automobiles*. Humboldt-Universität zu Berlin,
- Brookhuis, K. (2008).** *Human Factors for Assistance and Automation*. Shaker, Maastricht
- Flemisch, F., Adams, C., Conway, S., Goodrich, K., Palmer, M., Schutte, M. (2003).** The H- Metaphor as a Guideline for Vehicle Automation and Interaction. *Report No Bd. NASA/TM-2003-212672*. NASA Research Center, Hampton
- Flemisch, F., Kelsch, J., Schieben, A., Schindler, J. (2006).** Stücke des Puzzles hochautomatisiertes Fahren: H-Metapher und H-Mode 4. *Workshop Fahrer-assistenzsysteme*, Löwenstein, 4–6 Oktober 2006.
- Flemisch, F., Schieben, A., Kelsch, J., & Löper, C. (2008).** Automation spectrum, inner/outer compatibility and other potentially useful human factors concepts for assistance and automation. *Human Factors for assistance and automation*
- Flemisch, F., Schieben, A., Heesen, M., Hesse, T., & Beller, J. (2011).** Aus der Vergangenheit (und Natur) lernen, Zukunft gestalten: Migrations- und evolutionsfähige Gestaltung der Mensch-Maschine- Interaktion skizziert am Beispiel der kooperativen Führung hochautomatisierter Fahrzeuge. *Fortschritt-Berichte VDI*, (S.172-174).
- Flemisch, F., Kaussner, A., Petermann, I., Schieben, A., & Schömig, N. (2011).** HAVEit Deliverable D. 33.6: *Validation of concept on optimum task repartition*.
- Flemisch, F., Heesen, M., Hesse, T., Kelsch, J., Schieben, A., Beller, J (2012).** Towards a dynamic balance between humans and automation: Authority, Ability, Responsibility and Control in Shared and Cooperative Control Situations. *Int. Journal Cognition, Technology & Work* 14(1), (S.3–18)

- Flemisch, F., Altendorf, E., Canpolat, Y., Weßel, G., Baltzer, M., López, D., Herzberger, N., Voß, G., Schwalm, M. & Schutte, P (2016).** Uncanny and unsafe valley of assistance and automation: First sketch and application to vehicle automation. *Advances in Ergonomic Design of Systems, Products and Processes*. Berlin Heidelberg: Springer
- Gartner (2016).** New Gartner hype cycle on emerging technologies. Abgerufen: <http://www.gartner.com/newsroom/id/3412017>, last access: 27.01.2017
- Gasser, TM., Arzt, C., Ayoubi, M., Bartels, A., Buerkle, L., Eier, J., Flemisch, F., Haecker, D., Hesse, T., Huber, W., Lotz, C., Maurer, M., Ruth-Schumacher, S., Schwarz, J., Vogt, W (2012).** Rechtsfolgen zunehmender Fahrzeugautomatisierung. *Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen. Unterreihe Fahrzeugtechnik* 83
- Geyer, S., Hakuli, S., Winner, H., Franz, B., Kauer, M (2011).** Development of a cooperative system behavior for a highly automated vehicle guidance concept based on the Conduct- by-Wire principle. In: *2011 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV)*, (S. 411–416. IEEE), New York
- Griffiths, P., Gillespie, R (2004).** Shared control between human and machine: haptic display of automation during manual control of vehicle heading. In: *Proceedings of the 12th International Symposium on Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems*. IEEE, Chicago, IL
- Hakuli, S., Bruder, R., Flemisch, F., Löper, C., Rausch, H., Schreiber, M., Winner, H (2009).** Kooperative Automation. In: Winner, H., Hakuli, S., Wolf, G. (Hrsg.) *Handbuch Fahrerassistenzsysteme*. Vieweg + Teubner, Wiesbaden
- Hoc, J (2000).** From Human – Machine Interaction to Human – Machine Cooperation. *Ergonomics* 43(7), (S.833–843)
- Hoc, J., Mars, F., Milleville-Pennel, I., Jolly, E., Netto, M., Blosseville, J (2006).** Evaluation of Human-Machine Cooperation Modes in Car Driving for Safe Lateral Control in Bends: Function Delegation and Mutual Control Modes. *Le Travail Humain* 69, (S.153–182)
- Hollnagel, E., Woods, D (1983).** Cognitive Systems Engineering: New Wine in New Bottles. *International Journal of Man-Machine Studies* 18, (S.583–600)
- Holzmann, F (2007).** *Adaptive Cooperation Between Driver and Assistant System*. Springer, Berlin
- Inagaki, T (2008).** Smart Collaboration Between Humans and Machines Based on Mutual Understanding. *Annual Reviews in Control* 32, (S.253–261)
- Mulder, M., Abbink, D., Boer, E (2012).** Sharing Control With Haptics: Seamless Driver Support From Manual to Automatic Control. *Human Factors* 54(5), (S.786–798)
- National Transportation Safety Board, PRELIMINARY REPORT HIGHWAY HWY16FH018.**
- Petermann, I., B. Schlag (2010).** Auswirkungen der Synthese von Assistenz und Automation auf das Fahrer-Fahrzeug System. *Proceedings of the AAET*

- Rasmussen, J (1983).** Skills, Rules, and Knowledge; Signals, Signs, and Symbols, and Other Distinctions in Human Performance Models. *IEEE Transactions on Systems, Man, Cybernetics* 13(3), (S.257–266)
- SAE J 3016 (2014).** *Taxonomy and Definitions for Terms Related to On-Road Motor Vehicle Automated Driving Systems*. Society of Automotive Engineers.
- Lemoine, M. P., Debernard, S., Crevits, I., & Millot, P (1996).** Cooperation between humans and machines: first results of an experimentation of a multi-level cooperative organisation in air traffic control. *Computer Supported Cooperative Work* 5.2 (S.299-321).
- Sheridan, T.: Humans and Automation (2002).** System Design and Research Issues. Human Factors and Ergonomics Society, Santa Monica, CA
- Sheridan, T., Parasuraman, R (2006).** Human-Automation Interaction. In: Nickerson, R.S. (Hrsg.) *Reviews of Human Factors and Ergonomics* (S. 89–129.) Human Factors and Ergonomics Society, Santa Monica, CA
- Winner, H., Hakuli, S (2006).** Conduct-by-Wire – following a new paradigm for driving into the future, *FISITA 2006 World Automotive Congress, Yokohama, Japan*.
- Zimmermann, M., Bengler, K (2013).** A Multimodal Interaction Concept for Cooperative Driving Intelligent Vehicles Symposium (IV), *IEEE, Gold Coast, QLD*